



TESIS - RE142541

**PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK UNTUK
ESTIMASI EMISI TAPAK KARBON BESERTA
PEMETAANYA DARI SEKTOR PERMUKIMAN DAN
PERSAMPAHAN DI KABUPATEN SUMENEP**

**NURFAKHRINA RAMADHANI ARDEDAH
3313201026**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. RACHMAT BOEDISANTOSO, MT**

**CO-PEMBIMBING
Prof. Ir. JONI HERMANA, MScES., PhD.**

**PROGRAM MAGISTER
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**



THESIS - RE142541

**DETERMINATION OF SPECIFIC EMISSION
FACTORS FOR ESTIMATING AND MAPPING
CARBON FOOTPRINT FROM RESIDENTIAL AND
SOLID WASTE SECTOR IN SUMENEP**

**NURFAKHRINA RAMADHANI ARDEDAH
3313201026**

**SUPERVISOR
Dr. Ir. RACHMAT BOEDISANTOSO, MT**

**CO-SUPERVISOR
Prof. Ir. JONI HERMANA, MScES., PhD.**

**MAGISTER PROGRAM
DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh :


Nurfakhrina Ramadhani Ardedah

Nrp. 3313 201 026

Tanggal Ujian : 5 Januari 2015

Periode Wisuda : Maret 2015

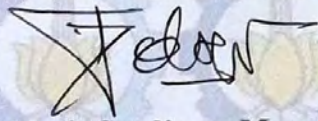
Disetujui Oleh :


1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT
NIP : 196601161997031001

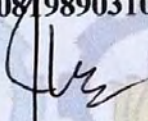
(Pembimbing I)


2. Prof. Ir. Joni Hermana, MSc.ES., PhD
NIP : 196006181988031002


(Pembimbing II)


3. Ir. Eddy S. Soedjono, Msc., Ph.D
NIP : 19600308198903100

(Penguji)


4. Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD
NIP : 197111142003122001

(Penguji)


5. Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST. MEPM
NIP : 198201192005011001

(Penguji)

Direktur Program Pascasarjana,




Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001

PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK UNTUK ESTIMASI TAPAK KARBON BESERTA PEMETAANNYA DARI SEKTOR PERMUKIMAN DAN PERSAMPAHAN DI KABUPATEN SUMENEP

Nama mahasiswa : Nurfakhrina Ramadhani Ardedah
NRP : 3313201026
Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.
Co-Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., Ph.D.

ABSTRAK

Penggunaan bahan bakar dalam kegiatan memasak merupakan salah satu penyumbang emisi karbon dalam sektor permukiman. Selain penggunaan bahan bakar untuk memasak, limbah padat yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga juga merupakan penyumbang emisi GRK. Dalam penelitian ini dihitung nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan FES dari persampahan di Kabupaten Sumenep. Setelah didapatkan nilai FES, diharapkan nilai FES tersebut dapat digunakan untuk menghitung estimasi emisi tapak karbon di kota atau kabupaten lain dengan fungsi pengembangan wilayah yang sama dengan Kabupaten Sumenep. Sebelum didapatkan nilai FES, dihitung besarnya emisi dari setiap sampel menggunakan IPCC *Guidelines*, setelah itu dapat dihitung nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) di Kabupaten Sumenep. Setelah didapatkan nilai FES, dihitung besarnya emisi karbon setiap kecamatan. Apabila sudah didapatkan emisi karbon setiap kecamatan, dilakukan pemetaan tingkat konsentrasi karbon di Kabupaten Sumenep.

FES di Kabupaten Sumenep didapatkan dari hasil perhitungan penggunaan bahan bakar untuk memasak dan persampahan. Penggunaan bahan bakar untuk memasak menghasilkan FES perkotaan sebesar 0,4 ton CO₂/rumah tangga.tahun sedangkan FES pedesaan sebesar 1,61 ton CO₂/rumah tangga.tahun. Pada sektor persampahan terdapat 2 FES yaitu FES pembakaran sampah terbuka sebesar $6,1 \times 10^{-2}$ ton CO₂-eq/orang.tahun sedangkan untuk FES pembuangan sampah ke TPA sebesar $7,9 \times 10^{-2}$ ton CO₂-eq/orang.tahun.

Setelah didapatkan nilai FES, dilakukan perhitungan emisi setiap kecamatan yang merupakan nilai total emisi dari penggunaan bahan bakar dan persampahan beserta pemetaannya agar penyebaran tapak karbon tersebut dapat terlihat kecamatan mana yang menyumbang emisi karbon tertinggi, sedang, dan terendah. Hasil perhitungan emisi karbon di setiap kecamatan, menunjukkan bahwa emisi tertinggi berada pada kecamatan Pragaan dengan nilai emisi sebesar 33.029 ton CO₂ sedangkan untuk nilai emisi terendah berada pada kecamatan Kalianget sebesar 8.783 ton CO₂. Berdasarkan pemetaan tingkat konsentrasi emisi karbon di Kabupaten Sumenep, dari 18 kecamatan dapat diketahui bahwa ada 3 kecamatan yang emisinya tergolong sangat rendah, 3 kecamatan tergolong rendah, 6 kecamatan tergolong sedang, 4 kecamatan tergolong tinggi, dan 2 kecamatan tergolong sangat tinggi.

Kata kunci :Bahan Bakar, Emisi, FES, Persampahan, Tapak Karbon

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DETERMINATION OF SPECIFIC EMISSION FACTORS FOR ESTIMATING AND MAPPING CARBON FOOTPRINT FROM RESIDENTIAL AND SOLID WASTE SECTOR IN SUMENEP DISTRICT

Name : Nurfakhrina Ramadhani Ardedah
NRP : 3313201026
Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.
Co-Supervisor : Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., Ph.D.

ABSTRACT

The use of fuel in cooking is one of contributor to carbon emissions in the residential sector. In addition to the use of fuel for cooking, solid waste generated from household activities also contribute to GHG emissions. Emission calculation method of the Intergovernmental Panel on Climate (IPCC) uses Specific Emission Factors (SEF) in Sumenep. In this study, we calculated value Specific Emission Factors (SEF) on the use of fuel for cooking and SEF of waste in Sumenep. Having obtained the value of SEF, SEF The expected value can be used to calculate the estimated emissions of carbon footprint in the city or other districts with similar regional development function with Sumenep. Before the obtained value of SEF, calculated the amount of emissions from each sample using the IPCC Guidelines, as it can be calculated value Specific Emission Factors (SEF) in Sumenep. Having obtained the SEF value, calculated the amount of carbon emissions each district. If already obtained carbon emissions each district, the mapping level of carbon concentration in Sumenep.

SEF in Sumenep from the calculation of each sector. The use of fuel for cooking produce urban SEF is 0.40 tonnes CO₂/ household.year while rural SEF is 1.61 tonnes of CO₂/household.year. In the waste sector there are two waste incineration SEF, SEF for open burning is $6,1 \times 10^{-2}$ tonnes of CO₂-eq/person.year whereas SEF for waste disposal to landfill is $7,9 \times 10^{-2}$ tonnes of CO₂-eq/person.year. Having obtained the value of SEF, emission calculation every district which is the total value of emissions from fuel use and waste.

Having obtained the value of SEF, emission calculation every district which is the total value of emissions from fuel use and waste as well as the mapping so that the spread of the carbon footprint can be seen where the sub-district which accounts for the highest carbon emissions, medium, and low. The results of calculation of carbon emissions in each sub-district, showed that the highest emissions are at Pragaan sub-district with the total value of 33.029 tonnes of CO₂, while for low emission values are at Kalianget sub-district of 8.783 tons of CO₂. Based on the mapping of the concentration level of carbon emissions in Sumenep district, from 18 sub-districts, it can be seen that there are 3 sub-districts were classified as very low emissions, 3 sub-districts is low, 6 sub-distirics as moderate, 4 sub-districts is high, and 2 sub-districts classified as very high.

Keywords: Carbon Footprint, Emissions, Fuel, SEF, Waste

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan hidayah-Nya laporan Tesis dengan judul “Penentuan Faktor Emisi Spesifik untuk Estimasi Tapak Karbon beserta Pemetaannya dari Sektor Permukiman dan Persampahan di Kabupaten Sumenep” ini bisa terselesaikan dengan cukup baik. Pembuatan laporan tesis ini tidak akan berjalan dengan lancar apabila tidak ada dukungan serta bantuan orang-orang sekitar.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT. selaku pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
2. Prof. Ir. Joni Hermana, MScES., Ph.D. selaku co-pembimbing yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
3. Abdu Fadli Assomadi, SSi., MT. yang selalu mengarahkan dan memberi masukan dalam penyusunan tesis ini.
4. Ir. Eddy S. Soedjono, Msc., Ph.D, Dr. Ir. Ellina S. Pandebesie, MT, Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST. MEPM., dan Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D, selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan pada tesis ini.
5. Kedua orang tua serta keluarga yang tidak pernah berhenti memberi motivasi serta doa hingga terselesaikannya tesis ini.
6. Teman-teman angkatan 2013 program pasca sarjana jurusan Teknik Lingkungan yang senantiasa menemani dalam pembuatan tesis ini.
7. Seluruh pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu dalam pembuatan tesis ini.

Penulis berharap semoga laporan tesis ini dapat bermanfaat serta dapat dipahami oleh semua pihak.

Hormat,

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Tujuan	3
1.4.Manfaat	4
1.5.Ruang Lingkup	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1.Gambaran Umum Wilayah Penelitian	5
2.1.1. Letak geografis	6
2.1.2. Konsisi Persampahan	8
2.1.3. Status Wilayah di Kabupaten Sumenep	9
2.1.4. Pemakaian Bahan Bakar untuk Memasak	9
2.2.Permukiman	10
2.3.Jejak Karbon	11
2.4.Faktor Emisi	11
2.5. <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>	13
2.5.1. Estimasi Emisi dari Rumah Tangga	13
2.5.2. Estimasi Emisi dari Persampahan	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1.Kerangka Penelitian	19
3.2.Ide Penelitian	21
3.3.Langkah Penelitian	21

3.3.1. Perumusan Masalah	21
3.3.2. Studi Literatur	22
3.3.3. Pengambilan Data	22
3.4. Analisis Data	28
3.5. Pembahasan	29
3.5.1. Aspek Teknis	29
3.5.2. Aspek Peran Masyarakat	30
3.5.3. Aspek Lingkungan	31
3.5.4. Aspek Hukum	31
3.6. Kesimpulan dan Saran	32
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Aspek Teknis	33
4.1.1. Sektor Permukiman	33
4.1.1.1. Perhitungan Emisi Tapak Karbon Per Rumah Tangga	35
4.1.1.2. Perhitungan Faktor Emisi Spesifik	36
4.1.1.3. Perhitungan Emisi Tapak Karbon Per Kecamatan	48
4.1.2. Sektor Persampahan	40
4.1.2.1. Perhitungan Emisi Tapak Karbon Per Rumah Tangga	41
4.1.2.2. Perhitungan Faktor Emisi Spesifik	50
4.1.2.3. Perhitungan Emisi Tapak Karbon Per Kecamatan	52
4.1.3. Pemetaan Penyebaran Emisi Tapak Karbon	55
4.1.3.1. Pemetaan Emisi Karbon dari Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak	55
4.1.3.2. Pemetaan Emisi Karbon dari Persampahan	56
4.1.3.3. Pemetaan Emisi Karbon Total	56
4.2. Aspek Peran Masyarakat	61
4.3. Aspek Lingkungan	65
4.4. Aspek Hukum	68
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	71
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Peta Kabupaten Sumenep.....	6
Gambar 2.2. Peta Kabupaten Sumenep.....	7
Gambar 3.1. Bagan Alir Metodologi Penelitian.....	19
Gambar 4.1. Pemetaan Tapak Karbon di Kabupaten Sumenep dari Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak.....	57
Gambar 4.2. Pemetaan Tapak Karbon di Kabupaten Sumenep dari Persampahan	58
Gambar 4.3. Pemetaan Tapak Karbon di Kabupaten Sumenep dari Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak dan Persampahan.....	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Jumlah Penduduk dan Luas Wilayah Setiap Kecamatan Tahun 2012 di Kabupaten Sumenep Daratan	5
Tabel 2.2. Komposisi Sampah TPA Batuan.....	8
Tabel 2.3. Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Perkotaan dan Pedesaan.....	9
Tabel 2.4. Jumlah Rumah Tangga Pengguna Bahan Bakar untuk Memasak	10
Tabel 2.5. Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar	12
Tabel 2.6. Nilai DOCi	15
Tabel 2.7. Klasifikasi TPA dan <i>Methane Correction Factors</i> (MCF).....	16
Tabel 2.8. <i>Oxidation Factor</i> (OX).....	17
Tabel 2.9. Nilai GWP dari Setiap GRK	18
Tabel 3.1. Jumlah Kecamatan yang Dilakukan Pengambilan Sampel.....	24
Tabel 3.2. Jumlah Sampel Tiap Kecamatan.....	25
Tabel 3.3. Jumlah Sampel Tiap Kecamatan.....	26
Tabel 3.4. Kuisisioner.....	27
Tabel 4.1. Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Penggunaan Bahan Bakar Untuk Memasak.....	34
Tabel 4.2. Nilai Faktor Emisi dan NCV Masing-Masing Bahan Bakar.....	35
Tabel 4.3. Konsumsi Rata-rata dan Emisi Total Hasil Sampling	36
Tabel 4.4. FES di Kabupaten Sumenep	38
Tabel 4.5. Emisi CO ₂ Setiap Kecamatan	39
Tabel 4.6. Nilai DOCi	42
Tabel 4.7. Fraksi Berat Basah Sampah	42
Tabel 4.8. Nilai DOC	42
Tabel 4.9. Jumlah Sampah Masing-Masing Komponen	44
Tabel 4.10. <i>Dry Matter Content, Total Carbon Content,</i> <i>dan Fossil Carbon Fraction</i>	45
Tabel 4.11. Emisi CO ₂ Setiap Komponen Sampah.....	46
Tabel 4.12. Konversi Emisi CH ₄ dan N ₂ O menjadi CO ₂ -eq	48

Tabel 4.13. FES Pengelolaan Sampah.....	52
Tabel 4.14. Total Emisi Per Kecamatan dari Sektor Persampahan.....	52
Tabel 4.15. Total Emisi dari Penggunaan Bahan Bakar dan Persampahan Di Kabupaten Sumenep	54
Tabel 4.16. FES Perkotaan dan Pedesaan.....	62
Tabel 4.17. Emisi Setiap Kecamatan dari Penggunaan Bahan Bakar	63
Tabel 4.18. Emisi yang Dihasilkan dari Peran Masyarakat.....	64
Tabel 4.19. Emisi yang Dihasilkan dari Sektor Skenario.....	67

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Gas rumah kaca (GRK) mengakibatkan suhu permukaan bumi semakin meningkat. GRK sendiri dihasilkan dari berbagai macam aktivitas, beberapa sektor yang menyumbang emisi antara lain dari sektor permukiman dalam penggunaan bahan bakar untuk memasak dan persampahan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kenny dan Gray (2009), sebesar 42,2% emisi CO₂ ekuivalen (CO₂-e) dihasilkan dari aktivitas rumah tangga. Pada laporan inventarisasi emisi gas rumah kaca D.I. Yogyakarta tahun 2013, menunjukkan bahwa sebesar 45% emisi karbon dihasilkan dalam penggunaan energi dan 16% emisi karbon dihasilkan dari limbah rumah tangga.

Sektor permukiman merupakan salah satu penyumbang emisi karbon dalam penggunaan energi yaitu dalam penggunaan bahan bakar untuk memasak. Tapak karbon yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga berbeda-beda tergantung penggunaan bahan bakar seperti LPG (*liquid petroleum gas*) dan kayu bakar. Emisi dari rumah tangga yang menggunakan kompor untuk memasak, dapat menyumbang kontribusi gas rumah kaca dan merugikan dampak kesehatan (Zhang dkk., 2000). Untuk mengukur rentang faktor emisi GRK dari penggunaan kompor untuk memasak menggunakan biomassa, arang, minyak tanah, maupun LPG, dilakukan penelitian untuk memvalidasi faktor emisi dalam skala kecil penggunaan kompor tersebut yang menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂) dan non- CO₂ (Smith dkk., 1993).

Selain penggunaan berbagai energi dalam kegiatan rumah tangga, limbah padat yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga juga merupakan penyumbang emisi GRK. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Kabupaten Sumenep pada tahun 2012 di TPA Batuan Sumenep, sebesar 83,63% merupakan sampah daun dan sisa makanan yang menghasilkan gas CH₄ yang merupakan penyumbang emisi GRK lebih besar dari CO₂ (Ardedah, 2013). Pembuangan sampah ke TPA hanya melayani 3 kecamatan dari 18 kecamatan yang ada di

kabupaten Sumenep. Kecamatan lain yang tidak dilayani pembuangan sampah di TPA dikarenakan faktor jarak yang sangat jauh dari TPA sehingga kecamatan yang tidak terlayani melakukan pengelolaan sendiri dengan cara ditimbun ataupun dibakar (KKP Sumenep, 2012). Pengelolaan secara mandiri tersebut juga dapat menyumbang emisi GRK terutama dengan cara pembakaran sampah.

Jumlah permukiman di kabupaten Sumenep setiap tahun mengalami peningkatan yang menyebabkan pertambahan peningkatan emisi karbon setiap tahunnya. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, sektor permukiman memberikan kontribusi emisi karbon dalam hal penggunaan bahan bakar untuk kompor yang digunakan memasak yaitu LPG, minyak tanah, atau bahan bakar lainnya. Selain itu, sektor permukiman juga menyumbang emisi dalam hal persampahan. Kedua hal tersebut jika dikaitkan dengan adanya PP No.61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi GRK dan PP No.71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional yang menyatakan bahwa setiap daerah pemerintahan daerah kabupaten/kota wajib melakukan kegiatan inventarisasi GRK. Berdasarkan kedua latar belakang tersebut, perlu dilakukan inventarisasi emisi di kabupaten Sumenep.

Dalam menghitung estimasi tapak karbon, diperlukan suatu perhitungan emisi karbon tersebut. Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan menggunakan metode yang dikeluarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) untuk menentukan Faktor Emisi Spesifik (FES). Setelah didapatkan nilai FES, kemudian dilakukan perhitungan emisi tapak karbon di masing-masing kecamatan sehingga diketahui jumlah emisi total untuk kabupaten Sumenep dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan sektor persampahan. Setelah diketahui emisi tapak karbon setiap kecamatan, dilakukan pemetaan emisi tapak karbon agar penyebaran tapak karbon tersebut dapat terlihat mana daerah yang menyumbang kontribusi emisi karbon tertinggi, sedang, dan terendah. Dari hasil estimasi tapak karbon tersebut, diharapkan dapat diketahui serta dianalisis pengembangan strategi yang dilakukan untuk mereduksi emisi tersebut.

Pengembangan strategi dalam mereduksi emisi yang ada di kabupaten Sumenep diperlukan adanya peran masyarakat. Peran masyarakat disini yaitu seberapa besar masyarakat yang mau beralih dari kayu bakar ke LPG sebagai

bahan bakar untuk memasak. Selain itu diperlukan peran masyarakat untuk tidak melakukan pembakaran sampah secara terbuka. Peran masyarakat tersebut seharusnya diikat dengan hukum yang ada di kabupaten Sumenep. Hukum yang mengikat tersebut dapat mendorong masyarakat untuk membantu menurunkan emisi yang ada di kabupaten Sumenep.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa rumusan masalah, yaitu :

1. Berapa Faktor Emisi Spesifik (FES) dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah pada sektor permukiman di Kabupaten Sumenep?
2. Bagaimanakah analisis hasil perhitungan estimasi tapak karbon dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah pada sektor permukiman di Kabupaten Sumenep menggunakan metode IPCC dengan FES yang sudah ditentukan?
3. Bagaimana analisis pemetaan tingkat konsentrasi emisi karbon setiap kecamatan yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah pada sektor permukiman di Kabupaten Sumenep?

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menentukan Faktor Emisi Spesifik (FES) untuk estimasi tapak karbon dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah pada sektor permukiman di Kabupaten Sumenep
2. Menghitung dan menganalisis estimasi tapak karbon dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah pada sektor permukiman di Kabupaten Sumenep
3. Memetakan dan menganalisis pemetaan tingkat konsentrasi emisi karbon setiap kecamatan yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah pada sektor permukiman di Kabupaten Sumenep

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan informasi untuk pengembangan Kabupaten Sumenep, Jawa Timur
2. FES yang dihasilkan untuk Kabupaten Sumenep dapat digunakan untuk mewakili daerah lain yang mempunyai karakteristik yang sama dengan kabupaten Sumenep dari sektor permukiman dan persampahan
3. Memberikan informasi mengenai tingkat penyebaran karbon dan memberikan saran sebagai pengembangan strategi reduksi emisi di Kabupaten Sumenep, Jawa Timur

1.5. Ruang Lingkup

1. Penelitian dilakukan di Kabupaten Sumenep bagian daratan, Jawa Timur
2. Penelitian dilakukan pada sektor permukiman dan persampahan
3. Pada penelitian ini mencakup 3 aspek, yaitu aspek teknis, aspek peran masyarakat, dan aspek hukum yaitu :
 - ❖ Aspek Teknis :
 - a. Penggunaan bahan bakar untuk memasak (LPG atau kayu bakar)
 - b. Status wilayah per kecamatan (Perkotaan atau Pedesaan)
 - c. Sistem pengelolaan sampah pemukiman (pembakaran sampah terbuka atau pembuangan sampah ke TPA)
 - ❖ Aspek Peran Masyarakat
 - ❖ Aspek Lingkungan
 - ❖ Aspek Hukum
4. Parameter yang digunakan yaitu karbon dioksida equivalen (CO₂-e)
5. Perhitungan emisi karbon menggunakan IPCC Tier 1 dan Tier 2
6. Data yang digunakan adalah data pada tahun 2012

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gambaran Wilayah Umum Penelitian

Secara administrasi wilayah Kabupaten Sumenep dibagi menjadi 27 kecamatan, 328 desa dan 4 wilayah kelurahan, sedangkan untuk Kabupaten Sumenep bagian daratan dibagi menjadi 18 kecamatan. Jumlah penduduk Kabupaten Sumenep bagian daratan pada tahun 2012 sebesar 759.644 jiwa.

Tabel 2.1. Jumlah Penduduk dan Luas Wilayah Setiap Kecamatan
Tahun 2012 di Kabupaten Sumenep Bagian Daratan

No.	Kecamatan	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Luas/ Area (km ²)	Kepadatan (Jiwa/km ²)
1	Pragaan	65.913	57,84	1140
2	Bluto	45.652	51,25	891
3	Saronggi	34.563	67,71	510
4	Kalianget	39.721	30,19	1316
5	Sumenep	71.739	27,84	2577
6	Batuan	12.241	27,1	452
7	Lenteng	57.321	71,41	803
8	Ganding	36.060	53,97	668
9	Guluk-Guluk	51.364	59,57	862
10	Pasongsongan	43.771	119,03	368
11	Ambunten	38.024	50,54	752
12	Rubaru	36.743	84,46	435
13	Dasuk	29.657	64,5	460
14	Manding	28.151	68,88	409
15	Batuputih	42.880	112,31	382
16	Gapura	37.075	65,78	564
17	Batang-Batang	52.362	80,36	652
18	Dungkek	36.407	63,35	575

Sumber : Kabupaten Sumenep Dalam Angka, 2013

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi Jawa Timur, Kabupaten Sumenep termasuk kedalam fungsi pengembangan wilayah

pertanian/hortikultura. Data yang didapatkan dari BPS Kabupaten Sumenep, semua kecamatan di Sumenep memiliki lahan pertanian. Berdasarkan Gambar 2.1, dapat terlihat bahwa fungsi pengembangan wilayah di Kabupaten Sumenep yaitu pertanian/ hortikultura dikarenakan lahan yang difungsikan sebagai lahan pertanian sebesar 74% sedangkan lahan selain pertanian sebesar 26%.



Gambar 2.1. Prosentase Penggunaan Lahan di Kabupaten Sumenep

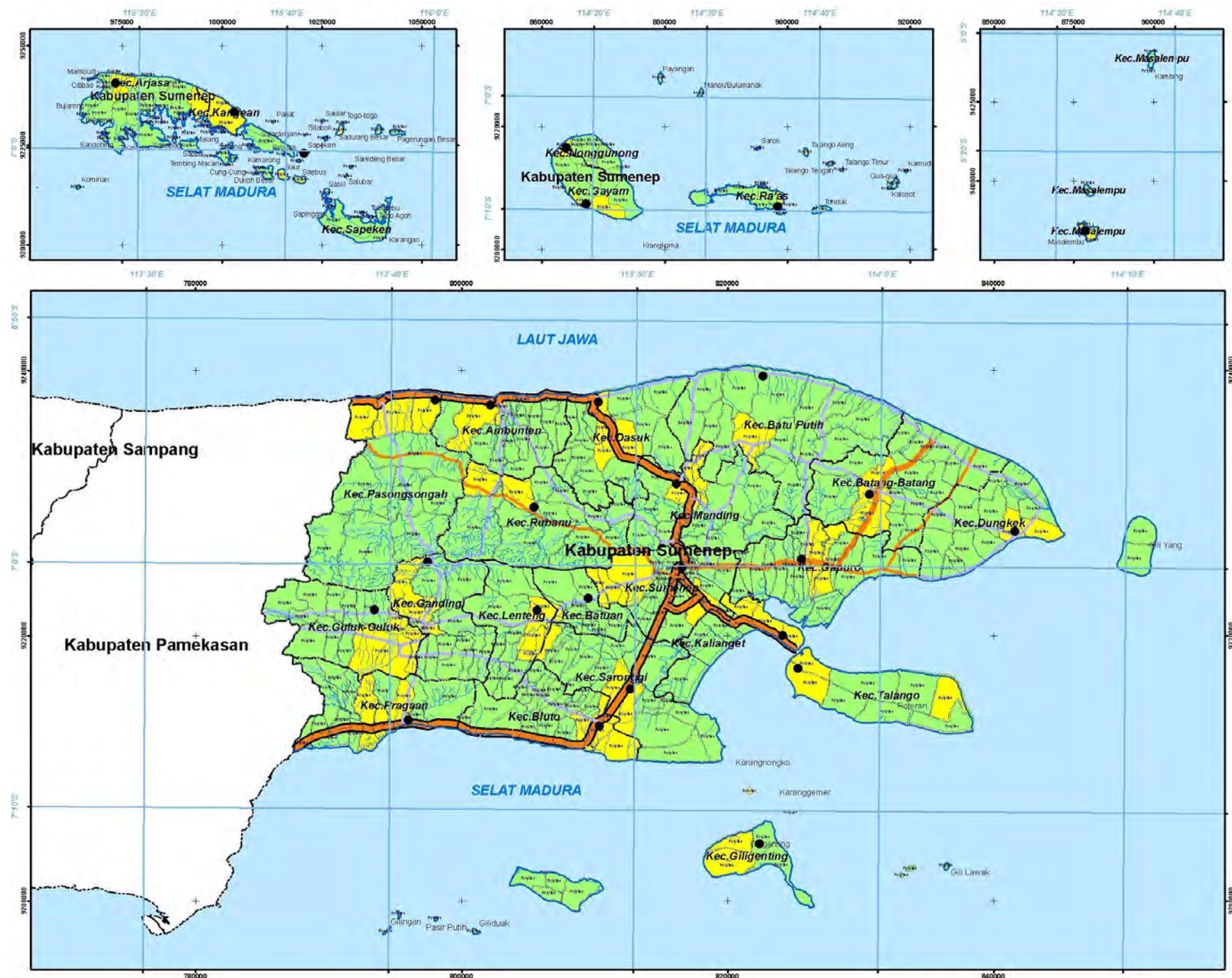
2.1.1. Letak Geografis

Letak Kabupaten Sumenep berada diujung Timur Pulau Madura yang terdiri dari wilayah daratan dan juga terdiri dari kepulauan yang tersebar berjumlah 126 pulau. Kabupaten Sumenep terletak diantara 113°32'54'' BT - 116°16'48'' BT dan diantara 4°55'LS – 7°24'LS dengan batas-batas sebagai berikut :

- Sebelah Utara : Laut Jawa
- Sebelah Timur : Laut Jawa/ Laut Flores
- Sebelah Selatan : Selat Madura
- Sebelah Barat : Kabupaten Pamekasan

Secara geografis wilayah Kabupaten Sumenep terbagi atas dua yaitu :

- Bagian daratan yang luas : 1.146,93 km² (54,79%) yang terbagi atas 18 kecamatan.
- Bagian kepulauan dengan luas : 946,53 km² (45,21%) yang meliputi 126 buah pulau, 48 pulau berpenghuni dan 78 pulau tidak berpenghuni.



Gambar 2.2. Peta Kabupaten Sumenep

2.1.2. Kondisi Persampahan

Kabupaten Sumenep mempunyai satu TPA di Kecamatan Batuan. Berdasarkan data yang didapatkan dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Sumenep, TPA Batuan hanya melayani 3 kecamatan, yaitu Sumenep, Kalianget, dan Batuan. Prosentase pelayanan sampah di 3 kecamatan yang terlayani tidak 100% terlayani. Kecamatan Sumenep terlayani pengangkutan sampah ke TPA sebesar 80%, di Kecamatan Kalianget sebesar 50%, dan Kecamatan Kalianget sebesar 40%. Pelayanan sampah di Kabupaten Sumenep belum dilakukan untuk semua kecamatan dikarenakan jarak yang terlalu jauh dibandingkan 3 kecamatan yang terlayani, sehingga melakukan pengelolaan sampah secara mandiri.

Berdasarkan hasil sampling yang dilakukan oleh Ardedah (2012), didapatkan komposisi sampah terbanyak yaitu sampah basah dan daun-daunan. Komposisi sampah yang dipisahkan menurut jenisnya antara lain sampah basah dan daun-daunan (83,63%), plastik, kertas, kaca, logam, karet, pampers, kain, B3, dan lain-lain. Sampah B3 terdapat di TPA Batuan dikarenakan TPA Batuan menerima pembuangan sampah yang berasal dari rumah sakit dan sampah medis rumah sakit tersebut ikut dibuang ke TPA. Komposisi sampah TPA dapat diketahui dengan mengambil sampel sebanyak 100 kg selama 8 hari berturut-turut sesuai dengan prosedur sampling pada SNI 19-3964-1995. Selain itu dari hasil sampling didapatkan nilai densitas sampah sebesar 259,5 kg.m³.

Tabel 2.2. Komposisi Sampah TPA Batuan

No	Komposisi Sampah (kg)	Prosentase (%)
1	Plastik	7,31
2	Kertas	2,13
3	Kaca	0,38
4	Sisa Makanan dan Daun	83,63
5	Pampers dan Pembalut	5,13
6	Kain	0,25
7	Kayu	0,5
8	lain-lain	0,69

Sumber: Ardedah, 2013

2.1.3. Status Wilayah di Kabupaten Sumenep

Berdasarkan situs sp2010.bps.go.id, Kabupaten Sumenep bagian daratan, diklasifikasikan menjadi 2 status yaitu perkotaan dan pedesaan. Klasifikasi tersebut didasarkan pada skor yang dihitung dari kepadatan penduduk, persentase rumah tangga yang bekerja di bidang pertanian, dan tersedianya fasilitas kota seperti sekolah, pasar, rumah sakit, jalan aspal, dan listrik.

Tabel 2.3. Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Perkotaan dan Pedesaan

No	Kecamatan	Perkotaan	Pedesaan
1	Pragaan	1.098	17.786
2	Bluto	406	11.969
3	Saronggi	0	10.945
4	Kalianget	8.883	2.331
5	Kota Sumenep	17.213	1.049
6	Batuan	1.543	1.892
7	Lenteng	1.875	14.821
8	Ganding	479	9.661
9	Guluk Guluk	0	13.318
10	Pasongsongan	0	11.973
11	Ambunten	1.825	9.984
12	Rubaru	0	9.856
13	Dasuk	0	8.799
14	Manding	469	7.858
15	Batuputih	0	14.112
16	Gapura	582	11.088
17	Batang Batang	1.520	14.181
18	Dungkek	0	12.959

Sumber : *sp.2010.bps.go.id*

2.1.4. Pemakaian Bahan Bakar Untuk Memasak

Kabupaten Sumenep merupakan kabupaten yang masih bervariasi penggunaan bahan bakar untuk memasak, bahan bakar yang digunakan diantaranya adalah LPG dan kayu bakar. Berdasarkan hasil sensus yang dilakukan Badan Pusat Statistik yang terdapat di situs sp2010.bps.go.id, jumlah rumah tangga yang dibagi berdasarkan status wilayah apabila dihubungkan dengan hasil sampling, rumah tangga di Kabupaten Sumenep masih ada yang menggunakan LPG dan kayu bakar secara bersamaan dalam satu rumah tangga. Di Kabupaten Sumenep tersebut, seluruh rumah tangga yang tergolong dalam wilayah perkotaan

menggunakan LPG, sedangkan untuk wilayah pedesaan, rumah tangga menggunakan kayu bakar atau menggunakan kayu bakar dan LPG secara bersamaan

Tabel 2.4. Jumlah Rumah Tangga Pengguna Bahan Bakar Untuk Memasak

No	Kecamatan	Perkotaan	Pedesaan		Jumlah Rumah Tangga Setiap Kecamatan
		Pengguna LPG	Pengguna LPG & Kayu Bakar	Pengguna Kayu Bakar	
1	Pragaan	1.098	16.897	889	18.884
2	Bluto	406	11.371	598	12.375
3	Saronggi	0	10.398	547	10.945
4	Kalianget	8.883	2.214	117	11.214
5	Kota Sumenep	17.213	997	52	18.262
6	Batuan	1.543	1.797	95	3.435
7	Lenteng	1.875	14.080	741	16.696
8	Ganding	479	9.178	483	10.140
9	Guluk Guluk	0	12.652	666	13.318
10	Pasongsongan	0	11.374	599	11.973
11	Ambunten	1.825	9.485	499	11.809
12	Rubaru	0	9.363	493	9.856
13	Dasuk	0	8.359	440	8.799
14	Manding	469	7.465	393	8.327
15	Batuputih	0	13.406	706	14.112
16	Gapura	582	10.534	554	11.670
17	Batang Batang	1.520	13.472	709	15.701
18	Dungkek	0	12.311	648	12.959
Total					220.475

Sumber : *sp2010.bps.go.id ; Hasil perhitungan, 2014*

2.2. Permukiman

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 01 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman, definisi permukiman adalah bagian dari lingkungan hunian yang terdiri atas lebih dari satu satuan perumahan yang mempunyai prasarana, sarana, utilitas umum, serta mempunyai penunjang kegiatan fungsi lain di kawasan perkotaan atau kawasan pedesaan.

Prasarana adalah kelengkapan dasar fisik lingkungan hunian yang memenuhi standar tertentu untuk kebutuhan bertempat tinggal yang layak, sehat, aman, dan nyaman. Sarana adalah fasilitas dalam lingkungan hunian yang

berfungsi untuk mendukung penyelenggaraan dan pengembangan kehidupan sosial, budaya, dan ekonomi. Utilitas umum adalah kelengkapan penunjang untuk pelayanan lingkungan hunian.

2.3. Tapak Karbon

Menurut Haven (2007), tapak karbon adalah analisis daur hidup dengan perhitungan yang berasal dari perindustrian, transportasi, dan pembuangan di setiap pengembangannya. Berbeda dengan pengertian tapak karbon sebelumnya, menurut Wiedmann dan Max (2008), tapak karbon dibagi menjadi 2 jenis berdasarkan aktifitas atau akumulasi dari penggunaan produk dalam kehidupan sehari-hari, yaitu tapak karbon langsung dan tidak langsung.

Berdasarkan data yang dipublikasi oleh DEFRA (2006), emisi langsung terjadi karena disebabkan adanya pemasaran dan penggunaan transportasi. Sedangkan emisi tidak langsung terjadi selama penggunaan listrik dan kegiatan produksi suatu barang dan jasa. Tapak karbon langsung (primer) terjadi karena adanya pemanasan atau pembakaran langsung seperti kegiatan memasak yang menggunakan bahan bakar. Hasil tapak karbon tersebut berbeda-beda tergantung dengan jenis bahan bakar yang digunakan seperti LPG (*Liquid Petroleum Gas*), minyak tanah, ataupun bahan bakar lainnya.

Tapak karbon tidak langsung (sekunder) dihasilkan dari penggunaan peralatan elektronik rumah tangga yang menggunakan listrik sebagai sumber dayanya. Hampir semua kebutuhan energi manusia diperoleh dari konversi sumber energi fosil, misalnya pembangkitan listrik, semakin besar penggunaan listrik, maka semakin besar pula emisi yang dihasilkan.

2.4. Faktor Emisi

Berdasarkan IPCC (2006), Faktor Emisi (FE) merupakan faktor yang menunjukkan banyaknya emisi per unit aktivitas. Berdasarkan persamaan 2.1, dapat dilihat bahwa faktor emisi mempunyai satuan massa emisi/satuan kegiatan. Misalnya, faktor emisi pemakaian bahan bakar LPG untuk memasak yaitu 63,1 kg/TJ. Berikut merupakan persamaan umum yang digunakan untuk menghitung emisi CO₂ dari berbagai kegiatan.

$$Emisi CO_2 = Data Aktivitas \times Faktor Emisi \dots\dots\dots(2.1)$$

Faktor emisi tersebut merupakan faktor emisi default yang dimiliki oleh IPCC. Faktor emisi default pemakaian energi yang dimiliki IPCC dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Faktor Emisi dan NCV Bahan Bakar

Bahan Bakar	Faktor Emisi CO ₂	NCV
	(kg CO ₂ /TJ)	(TJ/Gg)
Gas Alam	56100	48
LPG	63100	47,3
Minyak Tanah	71900	43,8
Batubara Antrasit	98300	26,7
Batubara Bituminous	94600	25,8
Batubara Sub-bituminous	96100	18,9
Kayu Bakar	112000	15

Sumber : IPCC, 2006

Faktor emisi default merupakan faktor emisi yang digunakan dalam perhitungan IPCC pada Tier 1, sedangkan IPCC dengan tingkat ketelitian pada Tier 2 dan Tier 3, terdapat faktor emisi lokal atau faktor emisi spesifik. Menurut IPCC (2006), faktor emisi spesifik merupakan faktor emisi yang didapatkan dari hasil pengukuran langsung dan data aktivitas berasal dari sumber data nasional dan/atau daerah. Faktor emisi spesifik itu sendiri didapatkan dari nilai rata-rata emisi per unit kegiatan dalam satuan waktu, misalnya satuan (kg CO₂/rumah tangga kelas atas.tahun). Jadi, berdasarkan pengertian tersebut, faktor emisi default lebih umum untuk seluruh aktivitas sedangkan faktor emisi spesifik digunakan untuk untuk perhitungan emisi yang lebih spesifik data aktivitasnya, seperti adanya pengklasifikasian terhadap data aktivitas tersebut.

Faktor emisi spesifik di setiap daerah berbeda dikarenakan karakteristik di setiap daerah berbeda. Sesuai dengan pedoman yang dikeluarkan oleh IPCC, setiap Negara didorong untuk menyusun faktor emisi lokal agar hasil dugaan emisi dan serapan GRK tidak *overestimate* atau *under estimate*.

2.5. *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*

Dalam perhitungan estimasi emisi tapak karbon digunakan pedoman inventarisasi emisi yang dimiliki IPCC (2006). Kedalaman metode yang dipergunakan dalam inventarisasi emisi, dikenal dengan istilah ‘*Tier*’. Semakin tinggi kedalaman metode yang dipergunakan, maka inventarisasi emisi yang dihasilkan semakin rinci dan akurat. Selain itu tingkat ketelitian tersebut tergantung dari penggunaan faktor emisi dari suatu kegiatan.

Secara umum, tingkat ketelitian (*TIER*) dalam penyelenggaraan inventarisasi GRK dibagi menjadi tiga yaitu:

- Tier 1: Menggunakan persamaan dasar, faktor emisi default dan data aktivitas yang digunakan sebagian bersumber dari sumber data global.
- Tier 2: Menggunakan faktor emisi default atau faktor emisi lokal (spesifik) yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung dan data aktivitas berasal dari sumber data nasional dan/atau daerah.
- Tier 3: metode perhitungan emisi dan serapan menggunakan metode yang paling rinci (dengan pendekatan modeling dan *sampling*). Dengan pendekatan modeling faktor emisi lokal dapat divariasikan sesuai dengan keberagaman kondisi yang ada sehingga emisi dan serapan akan memiliki tingkat kesalahan lebih rendah.

2.5.1. **Estimasi Emisi dari Rumah Tangga**

Emisi karbon yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga ada yang dihasilkan secara langsung (primer) ataupun secara tidak langsung (sekunder). Emisi karbon secara langsung dihasilkan dari kegiatan memasak yang menggunakan bahan bakar dalam penggunaannya. Sedangkan emisi tidak langsung dihasilkan dari penggunaan listrik dalam kehidupan sehari-hari. Secara umum persamaan yang digunakan untuk perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan bahan bakar yaitu sebagai berikut :

Perhitungan estimasi emisi karbon menurut IPCC (2006) :

$$Emisi\ CO_2 = EF \times konsumsi\ bahan\ bakar \times NCV \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

EF : faktor emisi CO₂ bahan bakar (satuan massa/MJ)

NCV : Net Calorific Volume (energy content) per unit massa atau volume bahan bakar (TJ/ton fuel)

Emisi CO₂ : Jumlah emisi CO₂ (kg)

Untuk penggunaan bahan bakar dalam kegiatan memasak, terdapat faktor emisi dan NCV untuk masing-masing bahan bakar seperti yang tercantum pada Tabel 2.5.

2.5.2. Estimasi Emisi dari Persampahan

Emisi yang dihasilkan dari persampah dapat dihasilkan dari kegiatan pembakaran sampah secara terbuka maupun dari kegiatan pembuangan sampah ke TPA. Di Kabupaten Sumenep sendiri kedua pengelolaan sampah tersebut masih dilakukan.

A. Emisi Karbon dari Pembuangan Sampah di TPA

Sampah yang dihasilkan dari rumah tangga di Indonesia sebagian besar kandungan sampah basah nya lebih besar dibanding dengan jenis sampah lainnya. Sampah basah menghasilkan emisi CH₄ yang lebih besar, hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kandungan sampah basah nya, maka semakin besar emisi CH₄ yang dihasilkan. Emisi CH₄ dari pembuangan sampah ke TPA pertahun dapat diestimasi menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Emisi CH}_4 = (\text{MSW}_T \times \text{MSW}_F \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC} \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - \text{OX}) \dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

MSW_T = Timbulan sampah kota (Gg/tahun)

MSW_F = Persentase sampah yang masuk ke TPA

MCF = Faktor koreksi metana

DOC = Degradasi organik karbon (Kg C/Kg sampah)

DOC_F = Fraksi DOC

F = Fraksi dari CH₄ di TPA

R = Recovery CH₄ (Gg/tahun)

OX = Faktor oksidasi

Berdasarkan IPCC (2006), penentuan pemilihan nilai serta keterangan dari DOC, DOC_F , F, R, dan OX sebagai berikut:

a. DOC (*Degradable Organic Carbon*)

DOC merupakan nilai dekomposisi karbon organik dalam sampah. Menurut IPCC, nilai DOC dapat dicari dengan persamaan (2.4).

$$DOC = \sum_i DOC_i \times W_i \dots\dots\dots(2.4)$$

DOC = Degradasi organik karbon dalam sampah (Gg C/Gg Sampah)

DOC_i = Degradasi organik karbon jenis sampah i. Nilai DOC dapat dilihat pada Tabel 2.6.

W_i = Komposisi jenis sampah i (diperoleh dari penelitian).

Tabel 2.6 Nilai DOC_i

No	Jenis Sampah	Nilai DOC_i
1	Sampah makanan	0,15
2	Sampah kebun	0,20
3	Sampah kertas	0,40
4	Sampah kayu dan jerami	0,43
5	Sampah tekstil	0,24
6	Diapers	0,24
7	Karet dan kulit	0,39
8	Lumpur	0,05
9	Kaca, plastic, logam	0,00

Sumber: IPCC, 2006

b. *Fraction of Degradable Organic Dissimilated* (DOC_F)

DOC_F adalah perkiraan fraksi karbon yang terdegradasi dan teremisikan dari TPA, serta menggambarkan kenyataan bahwa beberapa karbon organik tidak terdegradasi, atau terdegradasi sangat lambat, dalam kondisi anaerobik di TPA. Nilai standar yang direkomendasikan untuk DOC_F adalah 0,5 (dengan asumsi bahwa lingkungan TPA adalah anaerobik). Nilai DOC_F tergantung pada banyak faktor seperti suhu, kelembaban, pH, komposisi sampah, dan lain-lain.

c. Fraksi CH_4 pada Gas *Landfill* yang dihasilkan (F)

Sebagian besar sampah di *landfill* menghasilkan gas CH_4 sekitar 50%. Hanya bahan seperti lemak atau minyak yang dapat menghasilkan gas CH_4 lebih dari 50%. Nilai standar yang direkomendasikan untuk fraksi CH_4 adalah 0,5.

d. *Methane Correction Factors* (MCF)

Nilai *Methane Correction Factors* (MCF) tergantung pada pengelolaan metana yang dilakukan di TPA. Klasifikasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dan *Methane Correction Factors* (MCF) merupakan nilai dari IPCC 2006.

Tabel 2.7 Klasifikasi TPA dan *Methane Correction Factors* (MCF)

Tipe TPA	MCF
Terkelola-anaerobik ¹	1,0
Terkelola-semi-aerobik ²	0,5
Tidak terkelola-dalam (tinggi sampah>5m) dan/ air tanah yang dangkal ³	0,8
Tidak terkelola-dangkal (tinggi sampah <5m) ⁴	0,4
TPA tidak memiliki kategori ⁵	0,6

Sumber: IPCC, 2006

Keterangan:

1. TPA terkelola-anaerobik : Tempat pembuangan yang terkontrol setidaknya meliputi salah satu dari berikut: (i) tercover; (ii) pemadatan mekanik; atau (iii) perataan sampah.
2. TPA terkelola-semi anaerobik: Tempat pembuangan yang terkontrol dan semua struktur untuk mendapatkan udara pada setiap lapisan sampah : (i) bahan penutup yang permeable; (ii) sistem drainase lindi; (iii) pengaturan umur kolam; (iv) sistem ventilasi gas.
3. TPA tidak terkelola-dalam atau air tanah dangkal: Semua TPA yang tidak ditemukan adanya kriteria TPA yang terkelola dan kedalaman lebih besar atau sama dengan 5m dan atau air tanah dangkal.
4. TPA tidak terkelola-dangkal : Semua TPA yang tidak ditemukan adanya kriteria TPA yang terkelola dan memiliki kedalaman kurang dari 5m.
5. TPA tidak memiliki kategori : Hanya jika negara tidak dapat mengkategorikan TPA ke dalam 4 kategori TPA yang telah disebutkan sebelumnya.

e. *Oxidation Factor (OX)*

Oxidation Factor (OX) mencerminkan sejumlah CH₄ dari TPA yang dioksidasi pada tanah atau bahan lainnya yang menutupi sampah. TPA yang dikelola dengan baik cenderung memiliki faktor oksidasi yang lebih tinggi dari pada TPA yang tidak dikelola.

Tabel 2.8 *Oxidation Factor (OX)*

Tipe TPA	Nilai Standar Oxidation Faktor (OX)
TPA terkelola ¹ , tidak terkelola, dan tidak terkategori	0
TPA terkelola yang tertutup oleh bahan pengoksidasi CH ₄ ²	0,1

Sumber: IPCC 2006

Keterangan:

¹Terkelola tetapi tidak tertutup dengan bahan yang mampu beraerasi.

² Contohnya: tanah, kompos.

B. Emisi Karbon dari Pembakaran Sampah Secara Terbuka

Dalam perhitungan emisi yang dihasilkan dari aktivitas pembakaran sampah, emisi yang dihasilkan bukan hanya CO₂ saja, tetapi terbentuk juga emisi CH₄ dan N₂O. Sebelum dilakukan perhitungan emisi yang dihasilkan dari kegiatan pembakaran sampah secara terbuka, dilakukan perhitungan jumlah sampah yang dibakar terlebih dahulu. Untuk perhitungan emisi karbon yang ditimbul akibat aktivitas pembakaran sampah secara terbuka, dapat menggunakan persamaan berikut :

$$MSW_B = P \times P_{frac} \times MSW_P \times B_{frac} \times \text{Jumlah hari dalam setahun} \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

MSW_B = Jumlah sampah yang dilakukan pembakaran terbuka

P = Jumlah penduduk Kabupaten Sumenep daratan

P_{frac} = Fraksi penduduk yang melakukan pembakaran terbuka

MSW_F = Jumlah timbunan sampah per hari

B_{frac} = Fraksi jumlah sampah yang dibakar terhadap jumlah sampah yang diolah

Jumlah hari dalam setahun = 365 hari

- Perhitungan Emisi CO₂

$$\text{Emisi CO}_2, \text{ Ggram/tahun} = \sum_i (\text{SW}_i * \text{dmi} * \text{FCFi} * \text{OFi}) * 44/12 \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

SW_i = total berat (basah) limbah padat yang dibakar, Ggram/tahun

dmi = fraksi *dry matter* di dalam limbah (basis berat basah)

CFi = fraksi karbon di dalam *dry matter* (kandungan karbon total)

FCFi = fraksi karbon fosil di dalam karbon total

OFi = faktor oksidasi (fraksi)

44/12 = faktor konversi dari C menjadi CO₂

i = jenis limbah, yaitu ISW (*industrial solid waste*) yang meliputi limbah B3, *clinical waste*, dan lain-lain (limbah padat domestik tidak diinsinerasi tetapi di *landfill*)

- Perhitungan Emisi CH₄

$$\text{Emisi CH}_4 = \text{Berat total sampah} \times \text{Faktor koreksi metana} \dots\dots\dots (2.7)$$

- Perhitungan Emisi N₂O

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \text{Berat total sampah} \times \text{Faktor koreksi N}_2\text{O} \dots\dots\dots (2.8)$$

C. Konversi ke CO₂-eq Berdasarkan *Global Warming Potential* (GWP)

Berdasarkan hasil perhitungan emisi, emisi yang dihasilkan dari pengelolaan sampah tidak hanya menghasilkan emis CO₂ tetapi terdapat juga emisi CH₄ dan N₂O. Untuk mempermudah dalam perhitungan emisi CO₂, perlu dilakukan konversi gas-gas tersebut ke dalam CO₂-eq. Nilai konversi tersebut merupakan nilai *Global Warming Potential* (GWP) dimana nilai emisi Gas Rumah Kaca (GRK) berbeda-beda tergantung dengan radiasi yang ditimbulkan.

Tabel 2.9. Nilai GWP dari Setiap GRK

No	GRK	GWP (setara dengan mol CO ₂)
1	Karbendioksida (CO ₂)	1
2	Metana (CH ₄)	25
3	Dinitro Oksida (N ₂ O)	298
4	Hidroflorokarbon (HFCs)	12-14.800
5	Perflorokarbon (PFC's)	7.390-12.200
6	Sulfurhekssaflorida (SF ₆)	22.800

Sumber :KLH, 2012 ; IPCC, 2006

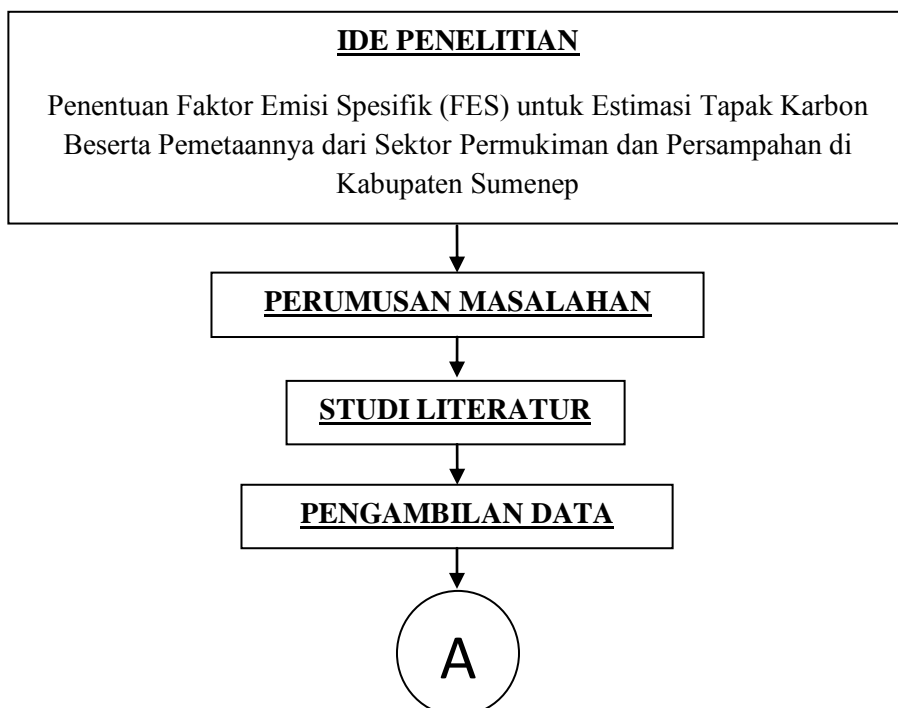
BAB 3

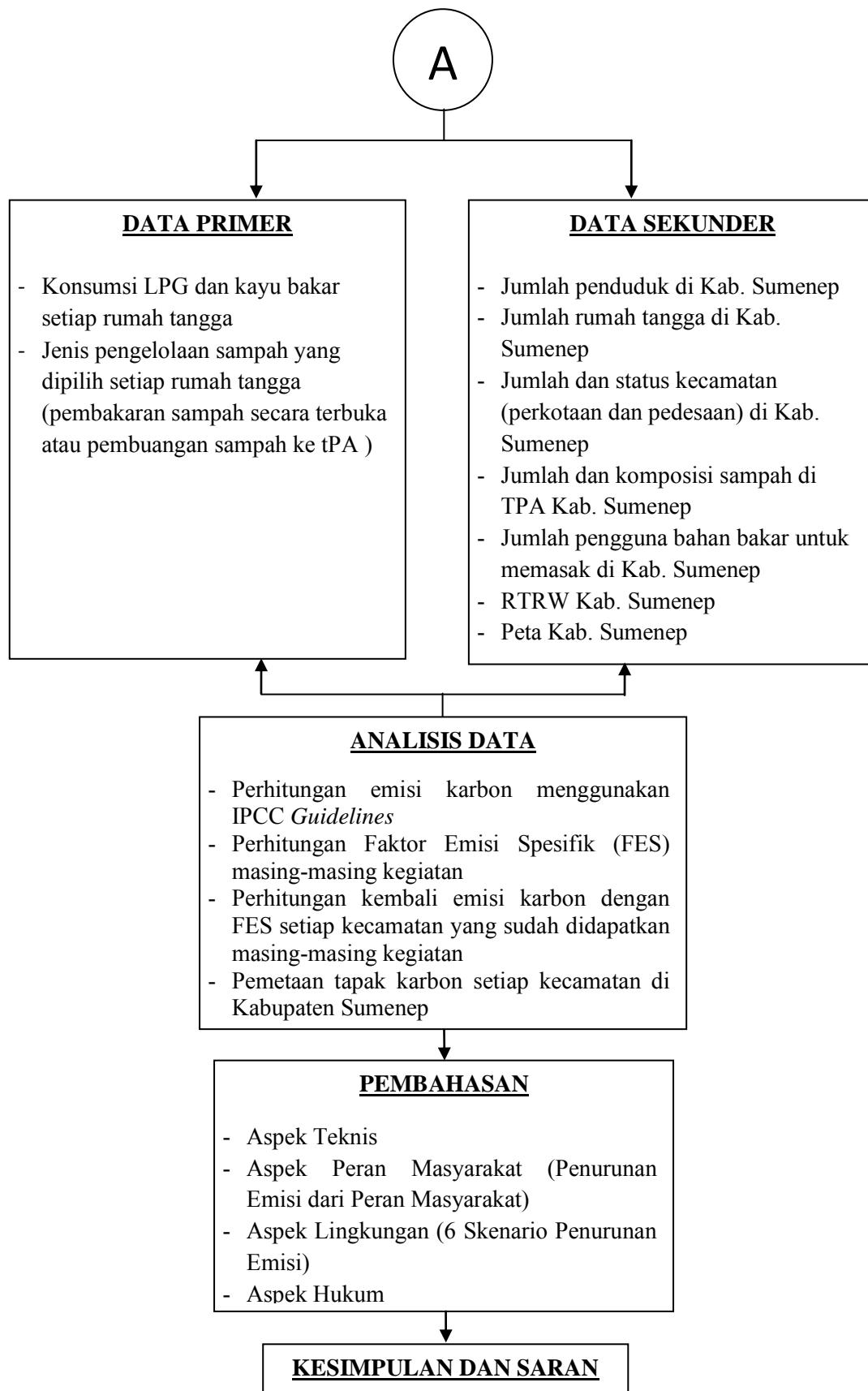
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kerangka Penelitian

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi tapak karbon dari sektor permukiman dan persampahan dengan fungsi pengembangan wilayah pertanian/ hortikultura di Kabupaten Sumenep, Jawa Timur. Perhitungan estimasi tapak karbon menggunakan *InterGovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), setelah itu dari hasil estimasi emisi karbon berdasarkan IPCC, dicari nilai Faktor Emisi Spesifik (FES) tiap kegiatan. Setelah didapatkan nilai FES masing-masing kegiatan, kemudian dihitung emisi tapak karbon setiap kecamatan menggunakan FES tersebut sehingga didapatkan nilai emisi di satu kabupaten Sumenep. Apabila sudah didapatkan nilai estimasi emisi karbon, barulah dilakukan pemetaan tapak karbon menggunakan Autocad.

Kerangka penelitian disusun untuk mencapai tujuan, yang terdiri atas perumusan ide penelitian, perumusan masalah, studi literatur, pengambilan data, analisis data, pembahasan, serta kesimpulan. Bagan alir metode perencanaan dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1. Bagan Alir Metodologi Penelitian

3.2. Ide Penelitian

Ide penelitian ini adalah penentuan Faktor Emisi Spesifik (FES) untuk estimasi tapak karbon beserta pemetaannya dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Sumenep. Pada dasarnya inventarisasi emisi beserta pemetaan tapak karbon di Indonesia secara umum belum banyak dilakukan.

Hasil akhir dari penelitian tersebut diharapkan dapat dijadikan acuan atau referensi dalam membuat estimasi tapak karbon dari sektor permukiman dan persampahan yang mempunyai karakteristik yang sama dengan kabupaten Sumenep.

3.3. Langkah Penelitian

Setelah didapatkan ide penelitian, ada beberapa langkah penelitian yang harus dilakukan. Langkah-langkah tersebut mulai dari merumuskan masalah, persiapan studi literatur, pengambilan data primer dan sekunder, analisis data, dan penarikan kesimpulan serta pemberian saran.

3.3.1. Perumusan Masalah

Sebelum memulai penelitian ini, perlu dilakukan perumusan masalah terlebih dahulu. Rumusan masalah dalam penelitian tersebut yaitu :

1. Berapa Faktor Emisi Spesifik (FES) dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah pada sektor permukiman di Kabupaten Sumenep?
2. Bagaimanakah analisis hasil perhitungan estimasi tapak karbon dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah pada sektor permukiman di Kabupaten Sumenep menggunakan metode IPCC dengan FES yang sudah ditentukan?
3. Bagaimana analisis pemetaan tingkat konsentrasi emisi karbon setiap kecamatan yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah pada sektor permukiman di Kabupaten Sumenep?

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, penelitian ini melakukan estimasi tapak karbon menggunakan IPCC dengan FES yang sudah ditentukan. Penelitian

tersebut dilakukan pada sektor permukiman dan persampahan, untuk masing-masing sektor terdapat beberapa variabel. Variabel yang digunakan untuk sektor permukiman antara lain jenis status wilayah (perkotaan atau pedesaan) dan sumber energi yang digunakan untuk memasak (LPG atau kayu bakar), dan jenis pengelolaan sampah (pembakaran sampah secara terbuka atau pembuangan sampah ke TPA).

3.3.2. Studi Literatur

Studi literatur sangat dibutuhkan karena masih sedikit sekali yang melakukan penelitian mengenai estimasi dan pemetaan tapak karbon dari sektor permukiman dan persampahan. Studi literatur yang dibutuhkan antara lain mengenai tapak karbon itu sendiri, referensi mengenai faktor emisi spesifik, referensi perhitungan emisi karbon baik menggunakan IPCC maupun dengan formula lainnya, referensi perhitungan pengambilan sampling, perundangan-perundangan yang berlaku tentang emisi GRK.

3.3.3. Pengambilan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

- Data Primer

Data primer merupakan data yang secara langsung didapatkan oleh peneliti. Pengambilan data primer tersebut menggunakan kuisioner. Data primer yang dibutuhkan antara lain jumlah rumah tangga yang menggunakan LPG atau kayu bakar. Selain itu sampling jenis pengelolaan sampah yang dipilih setiap rumah tangga (Pengelolaan yang dilakukan sendiri atau ke TPA). Penentuan jumlah rumah tangga yang akan digunakan sebagai sampel, digunakan rumus (Krejcie dan Morgan ,1970). Rumus penentuan jumlah sampel menggunakan Krejcie dan Morgan dikarenakan rumus tersebut dapat berlaku umum termasuk dalam penentuan jumlah sampel permukiman. Rumus (Krejcie dan Morgan ,1970) dapat dilihat pada persamaan 3.1 berikut.

$$n = \frac{x^2 NP(1-P)}{(N-1)d^2 + x^2 P(1-P)} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

n = Jumlah total sampel wilayah studi (rumah)

N = Jumlah populasi dalam wilayah studi (rumah)

x^2 = Nilai standart *error* yang berhubungan dengan tingkat kepercayaan (jika selang kepercayaan 90% maka $X = 1,28$; 95 % maka $X = 1,64$; jika 99 % maka $X = 2,58$)

P = Proporsi populasi (0,5 – 0,99)

d = Galat pendugaan/batas error (5-10%)

Setelah dilakukan perhitungan jumlah sampel yang diambil, kemudian dilakukan perhitungan jumlah sampel yang akan diambil di tiap tipe rumah dalam satu Kecamatan digunakan persamaan :

$$n_i = n \left(\frac{N_i}{N} \right) \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

N_i = Jumlah populasi pada masing-masing wilayah studi (rumah)

N = Jumlah total populasi wilayah studi (rumah)

n = Jumlah total sampel wilayah studi (rumah)

n_i = Jumlah sampel pada masing-masing wilayah studi (rumah)

Metode perhitungan jumlah sampel awal yaitu dengan mengklasifikasikan kecamatan-kecamatan yang tergolong perkotaan dan pedesaan. Dari 18 kecamatan di Kabupaten Sumenep, terdapat 2 kecamatan yang jumlah rumah tangga di perkotaan lebih besar dibandingkan dengan jumlah rumah tangga di pedesaan sedangkan 16 kecamatan lainnya jumlah rumah tangga yang tergolong wilayah pedesaan lebih besar dibandingkan dengan jumlah rumah tangga di perkotaan. Pengambilan sampling tersebut dilakukan merata ke semua kecamatan.

Tabel 3.1 Jumlah Kecamatan yang Dilakukan Pengambilan Sampel

No	Kecamatan	Perkotaan	Pedesaan	Jumlah Rumah Tangga Total
		Jumlah Rumah Tangga	Jumlah Rumah Tangga	
1	Pragaan	1.098	17.786	18.884
2	Bluto	406	11.969	12.375
3	Saronggi	0	10.945	10.945
4	Kalianget	8.883	2.331	11.214
5	Kota Sumenep	17.213	1.049	18.262
6	Batuan	1.543	1.892	3.435
7	Lenteng	1.875	14.821	16.696
8	Ganding	479	9.661	10.140
9	Guluk Guluk	0	13.318	13.318
10	Pasongsongan	0	11.973	11.973
11	Ambunten	1.825	9.984	11.809
12	Rubaru	0	9.856	9.856
13	Dasuk	0	8.799	8.799
14	Manding	469	7.858	8.327
15	Batuputih	0	14.112	14.112
16	Gapura	582	11.088	11.670
17	Batang Batang	1.520	14.181	15.701
18	Dungkek	0	12.959	12.959
TOTAL				220.475

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah diketahui berapa kecamatan yang akan dilakukan pengambilan sampel, kemudian dilakukan perhitungan jumlah sampel pada seluruh kecamatan tersebut menggunakan persamaan (1). Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan jumlah sampel total sebanyak 69 rumah.

$$n = \frac{(1,64)^2(220.475)(0,5)(1-0,5)}{(220.475-1)(0,1)^2+(1,64)^2(0,5)(1-0,5)}$$

$$= 69 \text{ sampel}$$

Jumlah sampel sebanyak 69 sampel mewakili jumlah rumah tangga sebanyak 220.475 dengan selang kepercayaan sebesar 95% dan batas error sebesar 10%. Tahap selanjutnya adalah perhitungan jumlah sampel rumah tangga yang akan dilakukan pengambilan sampel tiap kecamatan menggunakan persamaan (2). Berdasarkan perhitungan tersebut, didapatkan jumlah sampel masing-masing seperti pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jumlah Sampel Tiap Kecamatan

No	Kecamatan	Jumlah Rumah Tangga	%	Jumlah sampel
1	Pragaan	18884	0,09	6
2	Bluto	12375	0,06	4
3	Saronggi	10945	0,05	3
4	Kalianget	11214	0,05	3
5	Kota Sumenep	18262	0,08	6
6	Batuan	3435	0,02	1
7	Lenteng	16696	0,08	5
8	Ganding	10140	0,05	3
9	Guluk Guluk	13318	0,06	4
10	Pasongsongan	11973	0,05	4
11	Ambunten	11809	0,05	4
12	Rubaru	9856	0,04	3
13	Dasuk	8799	0,04	3
14	Manding	8327	0,04	3
15	Batuputih	14112	0,06	4
16	Gapura	11670	0,05	4
17	Batang Batang	15701	0,07	5
18	Dungkek	12959	0,06	4
Jumlah		220475		69

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah didapatkan total jumlah sampel setiap kecamatan di Kabupaten Sumenep, dihitung jumlah sampel setiap kecamatan per status wilayah yaitu perkotaan dan pedesaan. Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan jumlah sampel perkotaan dan pedesaan seperti pada Tabel 3.3. Pada sampel perkotaan mempunyai standar deviasi sebesar 1,37 dan sampel pedesaan mempunyai standar deviasi sebesar 1,43.

Tabel 3.3. Jumlah Sampel Tiap Kecamatan

No	Kecamatan	Persen Kota	Persen desa	Jumlah sampel kecamatan	Jumlah sampel kota	Jumlah sampel desa
1	Pragaan	6%	94%	6	0	6
2	Bluto	3%	97%	4	0	4
3	Saronggi	0%	100%	3	0	3
4	Kalianget	79%	21%	3	2	1
5	Kota Sumenep	94%	6%	6	6	0
6	Batuan	45%	55%	1	0	1
7	Lenteng	11%	89%	5	1	4
8	Ganding	5%	95%	3	0	3
9	Guluk Guluk	0%	100%	4	0	4
10	Pasongsongan	0%	100%	4	0	4
11	Ambunten	15%	85%	4	1	3
12	Rubaru	0%	100%	3	0	3
13	Dasuk	0%	100%	3	0	3
14	Manding	6%	94%	3	0	3
15	Batuputih	0%	100%	4	0	4
16	Gapura	5%	95%	4	0	4
17	Batang Batang	10%	90%	5	0	5
18	Dungkek	0%	100%	4	0	4

Sumber : Hasil Perhitungan

Kuisisioner yang akan dijadikan media sebagai pengumpulan data primer berisi tentang penggunaan bahan bakar untuk memasak yaitu LPG atau minyak tanah. Dalam kuisisioner tersebut diminta data berapa jumlah bahan bakar yang digunakan dan periode pembelian bahan bakar tersebut. Selain itu, kuisisioner berisi tentang pengelolaan sampah yang dilakukan oleh setiap rumah tangga seperti pembakaran sampah secara mandiri atau melakukan pembuangan ke TPA beserta jumlah sampah yang dihasilkan setiap rumah tangga. Selain kedua hal tersebut, kuisisioner berisi nama, alamat rumah serta jumlah penghuni tiap rumah tersebut. Lembar kuisisioner yang akan digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Kuisisioner

KUISISIONER			
Nama	:		
Alamat	:		
Jumlah Penghuni	:		orang
Pekerjaan	:		
Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak	:	LPG (tabung)	
		Periode Pembelian	
		Kayu Bakar (ikat/becak/pickup)	
		Periode Pembelian	
Pengelolaan Sampah	:	Dibakar	
		Dibawa ke TPA	
Jumlah Sampah yang dihasilkan/hari	:		kg atau liter
Apakah bersedia untuk tidak melakukan pembakaran sampah? (YA atau TIDAK)			
Alasan :			
Apakah bersedia membayar iuran sampah jika semua sampah yang dihasilkan diangkut ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah? (YA atau TIDAK)			
Alasan :			
Apakah bersedia dilakukan penggantian kayu bakar dengan LPG sebagai bahan bakar untuk memasak? (YA atau TIDAK)			
Alasan :			

- **Data Sekunder**

Data sekunder dalam penelitian ini sangatlah dibutuhkan dikarenakan dapat mempermudah dalam perhitungan. Data sekunder didapatkan dari berbagai sumber yaitu dinas-dinas ataupun instansi terkait. Data sekunder yang dibutuhkan dalam penelitian ini, antara lain :

- Jumlah penduduk di Kabupaten Sumenep yang dimiliki Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sumenep
- Jumlah rumah tangga di Kabupaten Sumenep yang dimiliki Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sumenep
- Jumlah rumah tangga berdasarkan status wilayah setiap kecamatan (perkotaan/ pedesaan) yang dimiliki dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sumenep
- Jumlah rumah tangga berdasarkan bahan bakar untuk memasak yang dimiliki dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Sumenep
- Jumlah dan komposisi sampah di TPA Kab. Sumenep yang dimiliki peneliti tahun 2012
- RTRW Kabupaten Sumenep yang dimiliki oleh Bappeda Kabupaten Sumenep
- Peta rupa bumi yang dimiliki Jurusan Geomatika ITS

3.4. Analisis Data

- Perhitungan emisi karbon menggunakan IPCC

Perhitungan awal emisi karbon yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG atau kayu bakar untuk memasak dan emisi yang dihasilkan dari sampah dihitung menggunakan IPCC dengan Tier 2. Emisi yang dihasilkan tersebut memiliki satuan berat per tahun (ton CO₂/tahun). Sedangkan untuk menghitung emisi karbon dari sektor persampahan menggunakan Tier 1. Emisi yang dihasilkan tersebut memiliki satuan berat per tahun (ton CO₂-e/tahun).

- Perhitungan Faktor Emisi Spesifik (FES) masing-masing kegiatan

Setelah didapatkan data emisi total menggunakan IPCC, kemudian dilakukan perhitungan jumlah Faktor Emisi Spesifik (FES) yang

dihasilkan setiap kegiatan. Pada penelitian tersebut, kegiatan penggunaan bahan bakar LPG atau kayu bakar maupun emisi dari persampahan dihitung berdasarkan jumlah rumah tangga.

Perhitungan FES tiap unit kegiatan dilakukan dengan pembagian nilai emisi total dengan unit kegiatan. FES yang akan dihasilkan pada penelitian ini untuk penggunaan bahan bakar untuk memasak adalah FES perkotaan dan FES pedesaan dengan satuan ton CO₂/rumah tangga.tahun. Selain FES dari penggunaan bahan bakar untuk memasak, dari perhitunagn FES akan didapatkan FES dari sektor persampahan yaitu FES pembakaran sampah dan FES TPA dengan satuan ton CO₂/orang.tahun.

- Perhitungan emisi karbon di setiap kecamatan dengan FES yang sudah didapatkan masing-masing kegiatan

Setelah didapatkan nilai FES masing-masing kegiatan, barulah dihitung nilai estimasi emisi karbon tiap kegiatan di setiap kecamatan dengan FES yang didapatkan menggunakan IPCC dengan Tier 2. Hasil perhitungan tersebut dapat diterapkan di daerah yang mempunyai karakteristik yang sama dengan Kabupaten Sumenep.

- Pemetaan tapak karbon di kabupaten Sumenep

Apabila sudah didapatkan hasil estimasi emisi tapak karbon di setiap kecamatan di kabupaten Sumenep, selanjutnya dilakukan pemetaan penyebaran tapak karbon. Dalam pemetaan tersebut dapat dilihat peta dengan tampilan warna yang berbeda di setiap tingkatan emisi. Tingkatan emisi itu sendiri terdiri dari 5 rentang, yaitu sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi dengan rentang yang sudah ditentukan berdasarkan nilai emisi terendah dan tertinggi.

3.5. Pembahasan

3.5.1. Aspek Teknis

Pembahasan yang dilakukan pada aspek teknis meliputi perhitungan emisi karbon yang dihasilkan dari sampel, perhitungan Faktor Emisi spesifik (FES) serta membandingkannya dengan FES yang di kota/ kabupaten lain, serta

membahas hasil perhitungan emisi karbon setiap kecamatan yang didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan FES.

Setelah itu, dilakukan pembahasan mengenai pemetaan tingkat konsentrasi emisi karbon di Kabupaten Sumenep. Hasil yang diharapkan adalah penyebaran tapak karbon di setiap kecamatan yang tergolong pada tingkatan dengan emisi sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, atau sangat tinggi. Dari hasil tersebut dapat dianalisis apa yang harus dilakukan setelah mengetahui emisi karbon di wilayah tersebut, apa yang perlu dilakukan oleh pemerintah setempat dalam melakukan pengembangan wilayah.

Berdasarkan hasil penelitian, diharapkan FES yang digunakan dapat menjadi acuan bagi kota taua kabupaten lainnya dengan fungsi pengembangan wilayah yang sama dengan kabupaten Sumenep. Hal ini dapat mempermudah kota atau kabupaten lain yang belum melakukan inventarisasi emisi dan mempunyai keterbatasan data.

3.5.2. Aspek Peran Masyarakat

Kondisi aspek peran masyarakat Kabupaten Sumenep dalam penggunaan bahan bakar untuk memasak dan pengelolaan sampah di Kabupaten Sumenep :

- Masyarakat di kabupaten Sumenep masih banyak yang menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak dibandingkan menggunakan LPG
- *Open burning* atau pembakaran langsung sampah yang dilakukan masyarakat di kabupaten Sumenep lebih banyak dibandingkan dengan pelayanan sampah dengan pembuangan ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah

Aspek peran masyarakat tersebut tidak bisa lepas dari peran pemerintah kabupaten Sumenep dikarenakan konversi penggunaan kayu bakar ke LPG juga harus disosialisasikan oleh pemerintah kabupaten Sumenep kepada masyarakat. Peran masyarakat diharapkan dapat melakukan perbaikan yang disarankan agar dapat berkontribusi dalam penurunan emisi karbon yang dihasilkan.

Diharapkan masyarakat di kabupaten Sumenep dapat berkontribusi dalam penurunan emisi karbon dengan cara berikut :

- Melakukan konversi kayu bakar ke LPG sebagai bahan bakar untuk memasak
- Melakukan pengelolaan sampah, sebaiknya menghindari open burning. Tetapi untuk pengelolaan sampah dengan pembuangan ke TPA dilakukan komunikasi kembali antara masyarakat dengan pemerintah kabupaten Sumenep

Dari peran masyarakat tersebut dihitung nilai penurunan emisi karbon di kabupaten Sumenep jika masyarakat mau beralih dari penggunaan kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak serta melakukan pembuangan sampah ke TPA yang sebelumnya melakukan pembakaran sampah secara terbuka.

3.5.3. Aspek Lingkungan

Dalam upaya menurunkan emisi karbon di kabupaten Sumenep, dibuat 6 skenario untuk mengetahui penurunan emisi terbesar dari setiap skenario tersebut. Dari 6 skenario tersebut dipilih satu skenario yang dapat menurunkan emisi paling besar dari kondisi eksisting. Penurunan emisi dengan skenario dilakukan secara langsung yaitu dengan melakukan konversi kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak serta melakukan perubahan sistem pengelolaan sampah yang tadinya pembakaran sampah terbuka menjadi pembuangan sampah ke TPA. Dalam skenario untuk sektor persampahan juga dilakukan perubahan sistem pada TPA yang semula *open dumping* menjadi *sanitary landfill*. Hal ini dilakukan karena gas metana yang terbentuk pada *sanitary landfill* tidak menjadi emisi karbon karena gas metana tersebut dimanfaatkan.

3.5.4. Aspek Hukum

Kabupaten Sumenep saat ini sudah mempunyai peraturan daerah yang mengatur pengelolaan sampah yaitu Peraturan Daerah Kabupaten Sumenep No. 12 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah. Pada peraturan tersebut sudah jelas dicantumkan pada pasal 16 bahwa setiap penduduk atau pemilik/penghuni bangunan dilarang membakar sampah di jalan, jalur hijau, taman dan tempat umum di sekitar pekarangan, sehingga mengganggu ketertiban umum. Sehingga berdasarkan peraturan tersebut, masyarakat bersedia mengganti sistem pengelolaan sampah yang awalnya melakukan pembakaran sampah secara terbuka

menjadi pembuangan sampah ke TPA yang berkontribusi dalam penurunan emisi karbon.

Saat ini pemerintah kabupaten Sumenep belum memiliki peraturan daerah terkait penggantian penggunaan minyak tanah menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak.

Peraturan yang diharapkan dalam penggantian atau konversi kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak adalah sebagai berikut :

- Pemerintah daerah memiliki Perda yang menyatakan bahwa penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak dikonversi menjadi LPG, dimana Perda tersebut harus tegas dan dapat diimplementasikan di kabupaten Sumenep
- Diperlukan sosialisasi terlebih dahulu sebelum Perda tersebut diterapkan agar masyarakat mau melakukan konversi kayu bakar ke LPG.

3.6. Kesimpulan dan Saran

Setelah didapatkan hasil dari pembahasan, ditarik beberapa kesimpulan yang menjawab tujuan antara lain terdapat nilai FES dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan FES dari persampahan di Kabupaten Sumenep. Selain itu, kecamatan mana yang menumbang emisi paling rendah dan paling tinggi. Serta yang terakhir adalah kecamatan mana yang tergolong dalam tingkatan emisi rsangat rendah, rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi dengan rentang tertentu.

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Aspek Teknis

Aspek teknis pada penelitian ini meliputi perhitungan Faktor Emisi Spesiik (FES), perhitungan emisi tapak karbon dari sektor permukiman dan persampahan di Kabupaten Sumenep bagian daratan. Perhitungan FES dan emisi tapak karbon tersebut menggunakan beberapa variabel, antara lain status wilayah per kecamatan yaitu pedesaan dan perkotaan, penggunaan bahan bakar LPG atau kayu bakar untuk memasak, pengelolaan sampah dengan pembakaran terbuka atau dengan pelayanan ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah.

4.1.1. Sektor Permukiman

Dalam penelitian tersebut, sektor permukiman yang akan dihitung emisi karbonnya berasal dari penggunaan bahan bakar untuk memasak. Dalam perhitungan emisi tersebut, digunakan perhitungan berdasarkan status wilayah di setiap kecamatan. Setiap kecamatan, memiliki wilayah perkotaan dan pedesaan dengan jumlah rumah tangga masing-masing. Berdasarkan hasil sampling, wilayah perkotaan hanya menggunakan LPG sebagai bahan bakar untuk memasak, sedangkan di wilayah pedesaan menggunakan LPG dan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak. Dikarenakan adanya program pemerintah mengenai konversi penggunaan bahan bakar untuk memasak menjadi LPG, rumah tangga di pedesaan banyak yang menggunakan kayu bakar beserta LPG dalam satu rumah. Berdasarkan hasil sampling, diketahui bahwa rumah tangga yang menggunakan bahan bakar LPG dan kayu bakar secara bersamaan sebesar 95%, sedangkan rumah tangga yang menggunakan kayu bakar saja sebagai bahan bakar untuk memasak sebesar 5%.

Tabel 4.1. Jumlah Rumah Tangga Berdasarkan Penggunaan
Bahan Bakar untuk Memasak

No	Kecamatan	Perkotaan	Pedesaan		Jumlah Rumah Tangga Setiap Kecamatan
		Pengguna LPG	Pengguna LPG & Kayu Bakar	Pengguna Kayu Bakar	
1	Pragaan	1.098	16.897	889	18.884
2	Bluto	406	11.371	598	12.375
3	Saronggi	0	10.398	547	10.945
4	Kalianget	8.883	2.214	117	11.214
5	Kota Sumenep	17.213	997	52	18.262
6	Batuan	1.543	1.797	95	3.435
7	Lenteng	1.875	14.080	741	16.696
8	Ganding	479	9.178	483	10.140
9	Guluk Guluk	0	12.652	666	13.318
10	Pasongsongan	0	11.374	599	11.973
11	Ambunten	1.825	9.485	499	11.809
12	Rubaru	0	9.363	493	9.856
13	Dasuk	0	8.359	440	8.799
14	Manding	469	7.465	393	8.327
15	Batuputih	0	13.406	706	14.112
16	Gapura	582	10.534	554	11.670
17	Batang Batang	1.520	13.472	709	15.701
18	Dungkek	0	12.311	648	12.959
Total					220.475

Sumber :Hasil perhitungan yang merujuk pada *sp2010.bps.go.id*

Dalam perhitungan emisi karbon yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar untuk memasak, akan didapatkan nilai faktor emisi spesifik (FES) setiap wilayah per kecamatan yaitu FES perkotaan dan FES pedesaan. FES yang akan digunakan dengan satuan ton CO₂/rumah tangga.tahun. Apabila sudah didapatkan nilai FES masing-masing wilayah tersebut, untuk mengetahui emisi tapak karbon setiap kecamatan, jumlah rumah tangga dikalikan dengan FES masing-masing wilayah tersebut. Apabila sudah didapatkan nilai FES setiap kecamatan, dapat diketahui jumlah emisi karbon yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar untuk memasak di Kabupaten Sumenep.

4.1.1.1. Perhitungan Emisi Tapak Karbon Per Rumah Tangga

Sebelum melakukan perhitungan faktor emisi spesifik, perlu dilakukan perhitungan nilai emisi total dari penggunaan masing-masing bahan bakar untuk memasak menggunakan IPCC dengan Tier 2. Perhitungan emisi dihitung berdasarkan konsumsi LPG dan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak. Berdasarkan hasil survei ke 69 sampel, didapatkan jumlah rumah tangga yang menggunakan LPG sebanyak 48 sampel, jumlah rumah tangga yang menggunakan LPG dan kayu bakar sebanyak 20 sampel, sedangkan yang menggunakan kayu bakar saja sebanyak 1 sampel.

Perhitungan tersebut dilakukan dengan klasifikasi perkotaan dan pedesaan di Kabupaten Sumenep. Dari 18 kecamatan yang ada di Kabupaten Sumenep bagian daratan, terdapat 2 kecamatan yang jumlah rumah tangga di wilayah perkotaan lebih besar dibandingkan jumlah rumah tangga di wilayah pedesaannya. Sedangkan 16 kecamatan lainnya, jumlah rumah tangga di wilayah pedesaan lebih besar dibandingkan jumlah rumah tangga di perkotaan. Beberapa kecamatan masih ada yang tergolong ke dalam pedesaan, dikarenakan tidak terdapat rumah tangga yang termasuk ke dalam wilayah perkotaan.

Perhitungan emisi berdasarkan konsumsi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak menggunakan persamaan berikut:

$$Emisi\ CO_2 = FE_{BB} \times Konsumsi_{BB} \times NCV_{BB}$$

Keterangan :

Emisi CO₂ = Jumlah emisi CO₂ (ton CO₂)

FE_{BB} = Faktor emisi bahan bakar (kg CO₂/TJ)

Konsumsi_{BB} = Konsumsi bahan bakar (kg/tahun)

NCV_{BB} = *Net Calorific Value* bahan bakar (TJ/kg)

Tabel 4.2. Nilai Faktor Emisi dan NCV Masing-Masing Bahan Bakar

Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	NCV (TJ/kg)
LPG	63100	47,3 x 10 ⁻⁶
Kayu Bakar	112000	15 x 10 ⁻⁶

Sumber : IPCC, 2006

Rumah tangga yang menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak hanya rumah tangga yang tinggal di pedesaan. Kayu bakar yang sering digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak adalah kayu yang berasal dari pohon mangga. Menurut Martawijaya dkk, 1989, kayu bakar yang berasal dari kayu mangga mempunyai berat jenis sebesar 450-580 kg/m³.

Setelah dilakukan perhitungan nilai emisi dari masing-masing sampel, didapatkan jumlah emisi total untuk pengguna LPG di perkotaan sebesar 4,04 ton CO₂ untuk 10 sampel, sedangkan untuk jumlah emisi total pengguna LPG di pedesaan sebesar 21,11 ton CO₂ untuk 58 sampel. Selain perhitungan jumlah emisi total untuk pengguna LPG, dilakukan perhitungan emisi total untuk pengguna kayu bakar sebesar 105,89 ton CO₂.

Tabel 4.3. Konsumsi Rata-Rata dan Emisi Total Hasil Sampling

Jenis Bahan Bakar	Jumlah Sampel	Konsumsi Rata-Rata (kg/tahun)	Emisi Total (ton CO ₂)
LPG Perkotaan	10	135	4,04
LPG Pedesaan	58	122	21,11
Kayu Bakar Pedesaan	21	3002	105,89

Sumber : Hasil Perhitungan

Penggunaan LPG rata-rata di daerah perkotaan lebih besar dibandingkan dengan penggunaan LPG rata-rata di daerah pedesaan. Halini dikarenakan rumah tangga di daerah perkotaan hanya menggunakan satu jenis bahan bakar saja, sedangkan di pedesaan sebagian besar menggunakan dua jenis bahan bakar yaitu LPG dan kayu bakar, sehingga penggunaan LPG di pedesaan lebih kecil dibandingkan penggunaan LPG di perkotaan.

4.1.1.2. Perhitungan Faktor Emisi Spesifik

Setelah didapatkan nilai emisi total CO₂, dilakukan perhitungan untuk faktor emisi spesifik dengan cara membagi nilai emisi total terhadap pengguna LPG. Nilai rata-rata ini merupakan faktor emisi spesifik dari penggunaan LPG sebagai bahan bakar untuk memasak.

A. Faktor Emisi Spesifik di Perkotaan

Faktor emisi spesifik di perkotaan didapatkan dari perhitungan rata-rata emisi penggunaan bahan bakar LPG seperti pada **Tabel 4.3**. Berdasarkan **Tabel 4.3**, nilai total emisi untuk sampel perkotaan sebesar 4,04 ton CO₂ dibagi dengan jumlah sampel perkotaan, yaitu 10 sampel. Setelah dirata-rata didapatkan nilai faktor emisi spesifik sebesar 0,40 ton CO₂/rumah tangga perkotaan.

❖ Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{FES Perkotaan} &= \frac{\text{Total emisi sampel perkotaan}}{\text{Jumlah sampel perkotaan}} \\ &= \frac{4,04 \text{ ton CO}_2}{10} \\ &= 0,40 \text{ ton CO}_2/\text{rumah tangga perkotaan}\end{aligned}$$

B. Faktor Emisi Spesifik di Pedesaan

Faktor emisi spesifik di pedesaan didapatkan dari hasil rata-rata jumlah emisi yang dihasilkan dari LPG dan kayu bakar di pedesaan. Total emisi yang berasal dari penggunaan LPG di pedesaan berdasarkan **Tabel 4.4** sebesar 21,11 m³ dengan jumlah sampel sebanyak 58 sampel. Selain LPG, emisi yang berasal dari penggunaan kayu bakar di pedesaan mempunyai total emisi sebesar 105,89 m³ dengan jumlah sampel sebanyak 21 sampel. Setelah dilakukan rata-rata kedua penggunaan bahan bakar tersebut, didapatkan nilai FES sebesar 1,61 ton CO₂/rumah tangga pedesaan.

❖ Perhitungan

$$\begin{aligned}\text{FES Pedesaan} &= \frac{\text{Total emisi LPG} + \text{Total emisi kayu bakar}}{\text{Jumlah sampel LPG} + \text{Jumlah sampel kayu bakar}} \\ &= \frac{21,11 \text{ ton CO}_2 + 105,89 \text{ ton CO}_2}{59 \text{ sampel} + 21 \text{ sampel}} \\ &= \frac{127,01 \text{ ton CO}_2}{79 \text{ sampel}} \\ &= 1,61 \text{ ton CO}_2/\text{rumah tangga pedesaan}\end{aligned}$$

Tabel 4.4. FES di Kabupaten Sumenep

Wilayah	Faktor Emisi Spesifik (ton CO ₂ /rumah tangga)
Perkotaan	0,40
Pedesaan	1,61

Sumber : Hasil Perhitungan

Faktor emisi spesifik pedesaan lebih besar dibandingkan dengan faktor emisi spesifik perkotaan dikarenakan di pedesaan masih menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak. Kayu bakar memiliki faktor emisi yang lebih besar dibandingkan dengan LPG dikarenakan nilai kalor kayu bakar lebih besar dibandingkan dengan nilai kalor LPG. Semakin besar nilai kalor maka semakin rendah emisi yang dihasilkan.

Faktor emisi spesifik perkotaan yang dihasilkan di Kabupaten Sumenep dengan fungsi wilayah pertanian/hortikultura jika dibandingkan dengan FES yang dihasilkan di kabupaten Sidoarjo dengan fungsi pengembangan wilayah industri dan perdagangan ternyata untuk FES perkotaan tidak berbeda jauh yaitu sebesar 0,42 ton CO₂/rumah tangga.tahun. Hal ini dikarenakan aktivitas yang dilakukan di Sumenep tidak berbeda jauh dengan aktivitas di Sidoarjo. Berbeda dengan FES perkotaan, FES pedesaan di Sidoarjo lebih kecil dari Sumenep yaitu sebesar 0,995 ton CO₂/rumah tangga.tahun, hal ini dikarenakan penggunaan kayu bakar di sidoarjo lebih rendah daripada di Sumenep yang menyebabkan FES pedesaan di Sidoarjo lebih kecil daripada FES pedesaan di Sumenep.

4.1.1.3.Perhitungan Emisi Tapak Karbon Per Kecamatan

Perhitungan emisi tapak karbon setiap kecamatan dihitung berdasarkan jumlah rumah tangga pada klasifikasi perkotaan dan pedesaan dalam satu kecamatan. Berdasarkan hasil sampling, di Kabupaten Sumenep daratan, terdapat pengguna LPG, pengguna LPG dan kayu bakar, dan pengguna kayu bakar dalam satu rumah tangga. Hasil sampling tersebut menunjukkan bahwa rumah tangga pada perkotaan hanya menggunakan LPG sedangkan rumah tangga pedesaan menggunakan LPG dan kayu bakar.

Dalam perhitungan emisi karbon tersebut jumlah rumah tangga tiap kecamatan dikalikan dengan FES perkotaan dan pedesaan yang sudah ditentukan diperhitungan sebelumnya. Untuk perhitungan emisi di wilayah perkotaan menggunakan FES perkotaan sebesar 0,40 ton CO₂/rumah tangga sedangkan untuk wilayah pedesaan menggunakan FES sebesar 1,61 ton CO₂/rumah tangga. Perhitungan emisi setiap kecamatan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

- Emisi CO₂ perkotaan = \sum Rumah tangga perkotaan x FES perkotaan
- Emisi CO₂ pedesaan = \sum Rumah tangga pedesaan x FES pedesaan

Tabel 4.5. Emisi CO₂ Setiap Kecamatan

No	Kecamatan	Perkotaan		Pedesaan		Total Emisi (ton CO ₂)
		Jumlah Rumah Tangga	Emisi (ton CO ₂)	Jumlah Rumah Tangga	Emisi (ton CO ₂)	
1	Pragaan	1.098	444	17.786	28.594	29.038
2	Bluto	406	164	11.969	19.242	19.407
3	Saronggi	0	0	10.945	17.596	17.596
4	Kalianget	8.883	3.592	2.331	3.748	7.340
5	Kota Sumenep	17.213	6.960	1.049	1.686	8.647
6	Batuan	1.543	624	1.892	3.042	3.666
7	Lenteng	1.875	758	14.821	23.828	24.586
8	Ganding	479	194	9.661	15.532	15.726
9	Guluk Guluk	0	0	13.318	21.411	21.411
10	Pasongsongan	0	0	11.973	19.249	19.249
11	Ambunten	1.825	738	9.984	16.051	16.789
12	Rubaru	0	0	9.856	15.845	15.845
13	Dasuk	0	0	8.799	14.146	14.146
14	Manding	469	190	7.858	12.633	12.823
15	Batuputih	0	0	14.112	22.688	22.688
16	Gapura	582	235	11.088	17.826	18.061
17	Batang Batang	1.520	615	14.181	22.799	23.413
18	Dungkek	0	0	12.959	20.834	20.834
		TOTAL				311.264

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan perhitungan, dapat dilihat pada Tabel 4.5. bahwa kecamatan Pragaan mempunyai emisi yang paling tinggi dibandingkan dengan

kecamatan yang lainnya. Hal ini dikarenakan jumlah rumah tangga di wilayah pedesaan paling banyak dibandingkan kecamatan lain sehingga emisi yang dihasilkan paling besar dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Sedangkan emisi karbon terendah ada di kecamatan Batuan dikarenakan jumlah rumah tangga di kecamatan Batuan paling sedikit dibandingkan kecamatan lainnya sehingga emisi di kecamatan tersebut juga paling rendah.

Berdasarkan hasil perhitungan, emisi rumah tangga di perkotaan lebih kecil dibandingkan emisi rumah tangga di pedesaan. Pada kecamatan Kalianget, jumlah rumah tangga di perkotaan lebih banyak dibandingkan jumlah rumah tangga di pedesaan tetapi emisi karbon yang dihasilkan di pedesaan lebih besar daripada emisi karbon di perkotaan. Hal ini dikarenakan FES di pedesaan lebih besar dibandingkan FES di perkotaan yang disebabkan oleh perbedaan pola perilaku rumah tangga di perkotaan dan di pedesaan. Di Kabupaten Sumenep bagian daratan, rumah tangga di perkotaan hanya menggunakan satu jenis bahan bakar untuk memasak yaitu LPG, sedangkan rumah tangga di pedesaan menggunakan 2 jenis bahan bakar yaitu LPG dan kayu bakar.

4.1.2. Sektor Persampahan

Perhitungan emisi yang berasal dari sektor persampahan berasal dari pembakaran sampah dan pembuangan sampah ke TPA. Berdasarkan data yang didapatkan dari Kantor Kebersihan dan Pertamanan (KKP) Sumenep, pada tahun 2012 pelayanan sampah permukiman hanya melayani 3 kecamatan dari 18 kecamatan daratan di Kabupaten Sumenep. Kecamatan yang dilayani antara lain kecamatan Kota Sumenep dengan pelayanan sebesar 80%, kecamatan Batuan dengan pelayanan sebesar 50%, dan kecamatan Kalianget dengan pelayanan sebesar 40%.

Pada tahun 2012, berdasarkan data yang diperoleh dari KKP Sumenep, jumlah timbulan sampah yang diangkut ke TPA sebesar 145 m³/hari. Densitas sampah di Kabupaten Sumenep sebesar 260 kg/m³ sehingga didapatkan berat sampah per harinya sebesar 37.700 kg. Jumlah timbulan sampah setiap orang tiap harinya sebesar 0,5 kg/orang didapatkan dari hasil pembagian timbulan sampah perhari dengan jumlah penduduk terlayani. Berdasarkan tingkat pelayanan yang

didapatkan dari KKP Sumenep, sebanyak 79.400 penduduk terlayani dengan pembuangan sampah ke TPA.

Berdasarkan data yang diperoleh dari KKP Sumenep, penduduk yang tidak terlayani pelayanan sampah dari KKP dikarenakan jarak yang terlalu jauh dari TPA. Menurut hasil sampling, penduduk yang tidak terlayani pelayanan sampah melakukan pengelolaan sampah dengan cara pembakaran terbuka. Pembakaran sampah terbuka tersebut rata-rata dilakukan di halaman rumah masing-masing.

4.1.2.1. Perhitungan Emisi Tapak Karbon

A. Emisi dari Pembakaran Terbuka

Berdasarkan hasil sampling, masyarakat yang tidak dilayani dengan pelayanan sampah ke TPA melakukan pengelolaan sampah dengan cara pembakaran terbuka. Dalam perhitungan emisi yang dihasilkan dari pembakaran terbuka, perlu diketahui data berat sampah, komposisi sampah, jumlah populasi yang melakukan pembakaran terbuka, jumlah timbulan sampah setiap orang perharinya.

Langkah awal dalam perhitungan emisi yang berasal dari pembakaran terbuka adalah menghitung nilai fraksi *degradable organic carbon* pada sampah *bulk*. Dalam perhitungan DOC tersebut perlu diketahui fraksi komponen sampah setiap jenisnya dengan basis berat basah. Selain berat basah, digunakan mencari DOC pada sampah *bulk*, diperlukan nilai fraksi DOC masing-masing jenis sampah yang merupakan nilai default dari IPCC 2006.

$$DOC = \sum_i (DOC_i \times W_i)$$

Keterangan :

DOC = Fraksi *degradable organic carbon* pada sampah *bulk*, Ggram C/Gram Sampah

DOC_i = Fraksi *degradable organic carbon* pada komponen sampah *i* (basis berat basah)

W_i = Fraksi komponen sampah jenis *i* (basis berat sampah)

i = Komponen sampah (jenis sampah)

Tabel 4.6. Nilai DOC_i

Komponen Sampah	DOC (%berat basah)
Kertas/karton	40
Tekstil	24
Limbah makanan	15
Limbah kayu	43
Limbah taman/kebun	20
Nappies	24
Karet dan kulit	39
Plastik	-
Logam	-
Gelas	-
Lain-lain (inert waste)	-

Sumber : IPCC, 2006

Tabel 4.7 Fraksi Berat Basah Sampah

No	Komposisi Sampah (kg)	Prosentase (komposisi) (%)
1	Plastik	7,31
2	Kertas	2,13
3	Kaca	0,38
4	Sisa Makanan dan Daun	83,63
5	Pampers dan Pembalut	5,13
6	Kain	0,25
7	Kayu	0,5
8	lain-lain	0,69

Sumber : Ardedah, 2012

Tabel 4.8 Nilai DOC

Jenis Sampah	Wi	DOC_i	DOC
Food waste	0,836	0,150	0,125
Paper/cardboard	0,021	0,400	0,009
Wood	0,005	0,430	0,002

Jenis Sampah	Wi	DOCi	DOC
Textiles	0,003	0,240	0,001
Rubber/Leather	0,000	0,390	0,000
Plastic	0,073	0,000	0,000
Metal	0,000	0,000	0,000
Glass	0,004	0,000	0,000
Other	0,058	0,000	0,000
TOTAL			0,137

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan perhitungan DOC dilakukan perhitungan jumlah sampah yang dibakar dalam satu Kabupaten Sumenep bagian daratan. Jumlah penduduk yang melakukan pembakaran terbuka berasal dari data jumlah penduduk yang tidak terlayani pelayanan sampah ke TPA. Berdasarkan data yang dimiliki KKP Sumenep tahun 2012, jumlah penduduk yang tidak terlayani pembuangan sampah ke TPA sebanyak 680.244 orang atau sebesar 90% dari jumlah penduduk total di Kabupaten Sumenep daratan. Jumlah timbulan sampah tiap orang perharinya sebesar 0,5 kg/orang.

$$MSW_B = P \times P_{\text{frac}} \times MSW_P \times B_{\text{frac}} \times \text{Jumlah hari dalam setahun}$$

Keterangan :

MSW_B = Jumlah sampah yang dilakukan pembakaran terbuka

P = Jumlah penduduk Kabupaten Sumenep daratan

= 759.644 orang

P_{frac} = Fraksi penduduk yang melakukan pembakaran terbuka

= 90%

MSW_F = Jumlah timbulan sampah per hari

= 0,5 kg/orang.hari

B_{frac} = Fraksi jumlah sampah yang dibakar terhadap jumlah sampah yang diolah

= 1

Jumlah hari dalam setahun = 365 hari

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{MSW}_B &= 759.644 \text{ orang} \times 0,9 \times 0,5 \frac{\text{kg}}{\text{orang.hari}} \times 1 \times 365 \text{ hari} \\ &= 124,77 \text{ Gg/tahun} \end{aligned}$$

Pembakaran sampah secara terbuka menghasilkan emisi CO₂, CH₄, dan N₂O. Setelah didapatkan jumlah sampah yang dibakar secara terbuka di Kabupaten Sumenep bagian daratan, dicari nilai emisi masing-masing gas rumah kaca tersebut.

❖ CO₂

Perhitungan emisi CO₂ yang dihasilkan dari pembakaran sampah secara terbuka didapatkan dari hasil perkalian dari jumlah sampah yang di bakar setiap komponen sampah. Komponen sampah yang dibakar antara lain sampah makanan, kertas/karton, kayu, kain, karet/kulit, plastik, logam, kaca, dan lain-lain. Berat sampah masing-masing komponen yang dibakar didapatkan dari hasil perkalian fraksi berat sampah basah dengan berat total sampah yang dibakar.

Tabel 4.9 Jumlah Sampah Masing-Masing Komponen

No.	Komponen Sampah	Wi	MSW _B (Gg)	MSW _C (Gg)
1	Sampah makanan	0,836	124,77	104,77
2	Kertas	0,021		2,66
3	Kayu	0,005		0,62
4	Kain	0,003		0,31
5	Karet/kulit	0,000		0,00
6	Plastik	0,073		9,12
7	Logam	0,000		0,00
8	Kaca	0,004		0,47
9	Lainnya	0,058		7,26

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.10 *Dry Matter Content, Total Carbon Content, dan Fossil Carbon Fraction*

Komponen Sampah	Dry matter content (%) berat basah)	Total carbon content in % of dry weight	Fossil carbon fraction in % of total carbon
Kertas/karton	90	46	1
Tekstil	80	50	20
Limbah makanan	40	38	-
Limbah kayu	85	50	-
Limbah taman/kebun	40	49	0
<i>Nappies</i>	40	70	10
Karet dan kulit	84	67	20
Plastik	100	75	100
Logam	100	-	-
Gelas	100	-	-
Lain-lain (inert waste)	90	3	100

Sumber : IPCC, 2006

Dalam perhitungan emisi CO₂ digunakan nilai default IPCC 2006 antara lain DOC, dry matter content, fraksi karbon di dalam dry matter, fraksi karbon fosil di dalam karbon total, serta faktor oksidasi. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Emisi CO}_2, \text{ Ggram/tahun} = \sum_i (\text{SW}_i * \text{dmi} * \text{CF}_i * \text{FCF}_i * \text{OF}_i) * 44/12$$

Keterangan :

SW_i = total berat (basah) limbah padat yang dibakar, Gg/tahun

dmi = fraksi *dry matter* di dalam limbah (basis berat basah)

CF_i = fraksi karbon di dalam *dry matter* (kandungan karbon total)

FCF_i = fraksi karbon fosil di dalam karbon total

OF_i = faktor oksidasi (fraksi)

44/12 = faktor konversi dari C menjadi CO₂

i = jenis limbah, yaitu ISW (*industrial solid waste*) yang meliputi limbah B3, *clinical waste*, dan lain-lain (limbah padat domestik tidak diinsinerasi tetapi di *landfill*)

✓ Contoh perhitungan untuk emisi CO₂ dari sampah kertas/karton :

- SW = 1,595 Ggram/tahun
- dm = 0,9
- CF = 0,46
- FCF = 0,01
- OF = 0,58
- Faktor konversi dari C menjadi CO₂ = 44/12

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \text{SW} \times \text{dm} \times \text{CF} \times \text{FCF} \times \text{OF} \times 44/12 \\ &= 1,595 \text{ Gg} \times 0,9 \times 0,01 \times 0,58 \times 44/12 \\ &= 0,014 \text{ Gg CO}_2\end{aligned}$$

Setelah dihitung masing-masing emisi CO₂ dari setiap komponen sampah, didapatkan jumlah emisi total untuk semua komponen sampah sebesar 14,62 Gg CO₂.

Tabel 4.11 Emisi CO₂ Setiap Komponen Sampah

Komponen Sampah	Emisi CO ₂ (Gg CO ₂)
Food waste	0,000
Paper/cardboard	0,023
Wood	0,000
Textiles	0,053
Rubber/Leather	0,000
Plastic	14,548
Metal	0,000
Glass	0,000
Other	0,000
Total	14,624

Sumber : Hasil perhitungan

❖ CH₄

Dalam pembakaran sampah secara terbuka, selain dihasilkan emisi CO₂, dihasilkan juga emisi CH₄. Emisi CH₄ didapatkan dari hasil perkalian berat total sampah yang dibakar dengan faktor koreksi metana.

Perhitungan :

Emisi CH₄ = Berat total sampah x Faktor koreksi metana

$$\begin{aligned} &= 124,77 \text{ Gg} \times 6500 \frac{\text{kg CH}_4}{\text{Gg}} \times 10^{-6} \frac{\text{Gg}}{\text{kg}} \\ &= 0,811 \text{ Gg CH}_4 \end{aligned}$$

❖ N₂O

Selain dihasilkan emisi CO₂ dan CH₄, dalam pembakaran sampah secara terbuka dihasilkan juga emisi N₂O. Perhitungan emisi N₂O sama seperti perhitungan emisi CH₄, yang membedakan dalam perhitungan N₂O digunakan faktor emisi N₂O. Emisi N₂O didapatkan dari hasil perkalian berat total sampah yang dibakar dengan faktor koreksi metana.

Perhitungan :

Emisi N₂O = Berat total sampah x Faktor emisi N₂O

$$\begin{aligned} &= 124,77 \text{ Gg} \times 150 \frac{\text{kg N}_2\text{O}}{\text{Gg}} \times 10^{-6} \frac{\text{Gg}}{\text{kg}} \\ &= 0,019 \text{ Gg N}_2\text{O} \end{aligned}$$

Sebelum dilakukan penjumlahan semua emisi yang dihasilkan dari pembakaran sampah secara terbuka, dilakukan konversi emisi CH₄ dan N₂O terlebih dahulu ke dalam CO₂ ekuivalen. Berdasarkan *Global Warming Potential*, nilai faktor konversi CH₄ sebesar 25 kali dari CO₂ sedangkan N₂O sebesar 298 kali dari CO₂.

Tabel 4.12 Konversi Emisi CH₄ dan N₂O menjadi CO₂-eq

Parameter	Emisi (Gg)	Faktor Konversi ke CO ₂ - eq	Emisi CO ₂ - eq
CO ₂	14,62	1	14,62
CH ₄	0,81	25	20,28
N ₂ O	0,02	298	5,58
Total			40,48

Sumber : Hasil perhitungan

B. Emisi dari Pembuangan Sampah ke TPA

Berdasarkan data yang didapatkan dari KKP Sumenep pada tahun 2012, jumlah penduduk yang terlayani ke TPA sebanyak 79.400 orang atau sebesar 10% dari jumlah penduduk total di Kabupaten Sumenep bagian daratan. Jumlah timbulan sampah yang diangkut setiap harinya ke TPA sebesar 145 m³.

Dalam perhitungan emisi dari penumpukkan sampah di TPA menggunakan IPCC 2006 terdiri beberapa tahap, yaitu :

- Tahap I : Input parameter

Sebelum menginputkan data parameter, diisi terlebih dahulu tahun dimulainya inventarisasi yaitu tahun 2012. Setelah itu, menginputkan nilai DOC (*Degradable Organic Carbon*) dengan basis berat basah seperti pada **Tabel 4.7**.

Selain itu diisi nilai fraksi DOC yang dapat terdekomposisi pada kondisi anaerobik (DOC_f) sebesar 0,5. Dalam menghitung gas metana yang terbentuk di TPA, diperlukan nilai laju timbulan gas metana setiap tahun setiap komponen sampah. Nilai laju timbulan gas metana tersebut merupakan nilai default dari IPCC 2006. Dalam perhitungan tersebut, digunakan nilai *delay time*, *fraction of methane*, faktor konversi C ke CH₄, faktor oksidasi di TPA.

- Tahap II : Penentuan Methane Correction Factor (MCF)

Penentuan faktor koreksi metana didasari dari jenis TPA di masing-masing wilayah. Kabupaten Sumenep itu sendiri memiliki TPA yang termasuk ke dalam sistem *open dumping*. *Open dumping* di TPA Kabupaten Sumenep tergolong ke

dalam *unmanaged-shallow*, sehingga nilai faktor koreksi metana berdasarkan IPCC 2006 sebesar 0,4.

- Tahap III : Input aktivitas data

Menginputkan aktivitas data yang dimaksud adalah memasukkan data jumlah timbulan sampah yang diangkut ke TPA dan dilakukan penimbunan. Jumlah timbulan sampah di Kabupaten Sumenep dalam satu tahun sebanyak 13,76 Gg. Selain jumlah timbulan, diperlukan juga persentase komposisi sampah di Kabupaten Sumenep.

- Tahap IV : Data jumlah limbah yang ditimbun di TPA

Dalam tahap ini, dilakukan perhitungan jumlah sampah yang ditimbun setiap komponen sampah. Jumlah timbulan sampah setiap komponen tersebut didapatkan dari hasil perkalian jumlah timbulan total yang diangkut ke TPA dengan persentase komposisi setiap komponen sampah.

- Tahap V : Hasil hitungan emisi CH₄ dari timbulan sampah di TPA

$$\text{Emisi CH}_4 = (\text{MSW} \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_F \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - \text{OX})$$

Keterangan :

MSW = sampah yang terangkut ke TPA (Gg/tahun)

$$= 145 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 145 \text{ m}^3/\text{hari} \times 260 \text{ kg/m}^3 \times 365 \text{ hari}$$

$$= 13760500 \text{ kg}$$

$$= 13,76 \text{ Gg/tahun}$$

MCF = Faktor koreksi metana

$$= 0,4 \text{ (unmanaged shallow)}$$

DOC = Degradasi organik karbon (Kg C/Kg sampah)

$$= 0,137 \text{ (hasil perhitungan pada **Tabel 4.8**)}$$

DOC_F = Fraksi DOC

$$= 0,5$$

F = Fraksi dari CH₄ di TPA

$$= 0,5$$

R = Recovery CH₄ (Gg/tahun)

$$= 0 \text{ (karena tidak ada gas metana yang di recovery)}$$

OX = Faktor oksidasi

= 0 (karena tidak ada material penutup)

- Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{Emisi CH}_4 &= (\text{MSW} \times \text{MCF} \times \text{DOC} \times \text{DOC}_F \times F \times \frac{16}{12} - R) \times (1 - \text{OX}) \\ &= (13,76 \text{ Gg} \times 0,4 \times 0,137 \times 0,5 \times 0,5 \times \frac{16}{12} - 0) \times (1 - 0) \\ &= 0,25 \text{ Gg CH}_4/\text{tahun}\end{aligned}$$

Konversi CH₄ ke CO₂ :

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2\text{-eq} &= \text{Emisi CH}_4 \times 25 \\ &= 0,25 \text{ Gg} \times 25 \\ &= 6,28 \text{ Gg CO}_2\text{-eq}\end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan, didapatkan jumlah emisi yang dihasilkan dari sampah yang ditimbun tahun 2012 sebesar 0,25 Gg. Nilai tersebut merupakan emisi yang dihasilkan pada tahun 2013 tetapi sampah ditimbun pada tahun 2012. Hal ini dikarenakan gas belum terbentuk pada tahun pertama penimbunan, gas mulai terbentuk pada tahun berikutnya.

4.1.2.2. Perhitungan Faktor Emisi Spesifik

A. Faktor Emisi Spesifik dari Pembakaran Terbuka

Faktor emisi spesifik dari pembakaran terbuka didapatkan dari nilai rata-rata emisi total yang dihasilkan dari pembakaran sampah secara terbuka dengan jumlah penduduk yang melakukan pembakaran secara terbuka.

Setelah didapatkan nilai total emisi dalam satuan CO₂-eq, dilakukan perhitungan faktor emisi spesifik dengan menghitung nilai rata-rata emisi tersebut dengan jumlah penduduk yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka. Berdasarkan KKP Sumenep tahun 2012 jumlah penduduk yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka sebanyak 680.244 orang.

Perhitungan :

$$\begin{aligned}\text{FES pembakaran terbuka} &= \frac{\text{Emisi total dari pembakaran terbuka}}{\text{Jumlah penduduk yang melakukan pembakaran sampah}} \\ &= \frac{40,48 \text{ ton CO}_2}{680.244} \\ &= 6,1 \times 10^{-5} \text{ Gg CO}_2\text{-eq/orang*} \\ &= 6,1 \times 10^{-2} \text{ ton CO}_2\text{-eq/orang*}\end{aligned}$$

Ket : * orang yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka

B. Faktor Emisi Spesifik dari Pembuangan Sampah ke TPA

Faktor emisi spesifik yang dihasilkan dari pembuangan sampah di TPA merupakan nilai rata-rata dari emisi yang dihasilkan dari penumpukan sampah di TPA dengan jumlah penduduk yang terlayani fasilitas pembuangan sampah ke TPA. Jumlah penduduk terlayani pembuangan sampah ke TPA menurut KKP Sumenep, pada tahun 2012 sebanyak 79.400 orang. Berdasarkan perhitungan menggunakan IPCC 2006, didapatkan nilai emisi total yang dihasilkan dari penumpukan sampah di TPA sebesar 0,25 Gg CH₄.

$$\begin{aligned}\text{FES} &= \frac{\text{Emisi total dari penumpukan sampah di TPA}}{\text{Jumlah penduduk yang terlayani ke TPA}} \\ &= \frac{6,28 \text{ Gg CO}_2\text{-eq}}{79.400 \text{ orang}} \\ &= 7,9 \times 10^{-5} \text{ Gg CO}_2\text{-eq/orang*} \\ &= 7,9 \times 10^{-2} \text{ ton CO}_2\text{-eq/orang*}\end{aligned}$$

Ket : *orang yang melakukan pembuangan sampah ke TPA

Faktor emisi spesifik yang dihasilkan dari pembakaran sampah terbuka lebih kecil dibandingkan faktor emisi spesifik yang dihasilkan dari pembuangan sampah di TPA dikarenakan emisi CH₄ yang dihasilkan di TPA lebih besar dibandingkan dengan emisi CH₄ yang dihasilkan dari pembakaran sampah secara terbuka. Emisi CH₄ apabila dikonversi kedalam emisi CO₂-eq, nilainya akan lebih

besar 25 kali dari CO₂ sehingga menyebabkan faktor emisi yang dihasilkan di TPA lebih besar dibandingkan faktor emisi dari pembakaran sampah secara terbuka.

4.1.2.3. Perhitungan Emisi Tapak Karbon Per Kecamatan

Perhitungan emisi tapak karbon dari sektor persampahan setiap kecamatan dilakukan dengan cara mengalikan nilai FES dengan jumlah penduduk. Emisi yang dihitung dari sektor persampahan berasal dari pembakaran sampah terbuka dan penimbunan sampah di TPA. Dari 18 kecamatan, hanya 3 kecamatan yang dilayani pembuangan sampah ke TPA yaitu kecamatan Sumenep, Kalianget, dan Batuan, sehingga kecamatan lain yang tidak terlayani melakukan pembakaran sampah secara terbuka. FES yang digunakan dalam perhitungan emisi tapak karbon setiap kecamatan dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

Tabel 4.13 FES Pengelolaan Sampah

Jenis Pengelolaan Sampah	FES (ton CO ₂ -eq /orang)
Pembakaran Terbuka	6,1 x 10 ⁻²
Pembuangan ke TPA	7,9 x 10 ⁻²

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Total Emisi Per Kecamatan dari Sektor Persampahan

Kecamatan	Jumlah Penduduk (orang)	Pelayanan TPA	Emisi Ke TPA (ton CO ₂)	Emisi Open Burning (ton CO ₂)	Total Emisi Setiap Kecamatan (ton CO ₂)
Pragaan	65.913	0%	0	3.991	3.991
Bluto	45.652	0%	0	2.764	2.764
Saronggi	34.563	0%	0	2.093	2.093
Kalianget	39.721	40%	0	1.443	1.443
Sumenep	71.739	80%	0	869	869
Batuan	12.241	50%	6.284	371	6.654
Lenteng	57.321	0%	0	3.471	3.471
Ganding	36.060	0%	0	2.183	2.183
Guluk-Guluk	51.364	0%	0	3.110	3.110

Kecamatan	Jumlah Penduduk (orang)	Pelayanan TPA	Emisi Ke TPA (ton CO ₂)	Emisi Open Burning (ton CO ₂)	Total Emisi Setiap Kecamatan (ton CO ₂)
Pasongsongan	43.771	0%	0	2.650	2.650
Ambunten	38.024	0%	0	2.302	2.302
Rubaru	36.743	0%	0	2.225	2.225
Dasuk	29.657	0%	0	1.796	1.796
Manding	28.151	0%	0	1.705	1.705
Batuputih	42.880	0%	0	2.596	2.596
Gapura	37.075	0%	0	2.245	2.245
Batang-Batang	52.362	0%	0	3.171	3.171
Dungkek	36.407	0%	0	2.204	2.204
Total					47.472

Sumber :Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan untuk kecamatan Sumenep :

- Jumlah penduduk 71.739 orang
- Persen pelayanan ke TPA = 80%
- Emisi ke TPA = Persen pelayanan x Jumlah penduduk x FES TPA

$$= 80\% \times 71.739 \text{ orang} \times 7,9 \times 10^{-2} \frac{\text{ton CO}_2\text{-eq}}{\text{orang}}$$

$$= 4.542 \text{ ton CO}_2\text{-eq}$$

Keterangan :

Emisi ke TPA yang dihasilkan setiap kecamatan dijumlahkan ke kecamatan Batuan karena letak TPA berada di kecamatan Batuan.

- Emisi *open burning* = (100% - persen pelayanan) x Jumlah penduduk x FES Pembakaran terbuka
- $$= (100\%-80\%) \times 71.739 \text{ orang} \times 6,1 \times 10^{-2} \frac{\text{ton CO}_2\text{-eq}}{\text{orang}}$$
- $$= 869 \text{ ton CO}_2\text{-eq}$$

Berdasarkan hasil perhitungan emisi tapak karbon di setiap kecamatan, emisi total di kabupaten Sumenep yang dihasilkan dari pembakaran sampah lebih besar dibandingkan nilai emisi total dari pembuangan sampah ke TPA meskipun nilai FES pembakaran terbuka lebih kecil dibandingkan FES pembuangan sampah

ke TPA. Hal ini dikarenakan jumlah penduduk yang melakukan pembakaran sampah lebih besar dibandingkan dengan jumlah penduduk yang melakukan pembuangan sampah ke TPA.

Dari hasil perhitungan emisi setiap kecamatan, didapatkan kecamatan Batuan yang memiliki emisi paling tinggi dibandingkan kecamatan lainnya. Hal ini dikarenakan kecamatan Batuan merupakan kecamatan satu-satunya yang terdapat TPA Sampah di Kabupaten Sumenep, sehingga emisi karbon primer yang dihasilkan merupakan emisi karbon dari penimbunan sampah di TPA. Emisi yang dihasilkan di TPA merupakan hasil penjumlahan dari emisi dari kecamatan yang terlayani TPA, yaitu kecamatan Sumenep, Kalianget, dan Batuan.

Emisi tertinggi dihasilkan oleh kecamatan Batuan, sedangkan emisi tertinggi dihasilkan oleh kecamatan Sumenep. Hal ini dikarenakan jumlah penduduk yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka paling sedikit dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Sebesar 80% dari jumlah penduduk di kecamatan Sumenep terlayani pembuangan sampah ke TPA sehingga emisi karbon primer yang dihasilkan langsung di rumah tangga menjadi kecil.

Tabel 4.15 Total Emisi dari Penggunaan Bahan Bakar dan Persampahan
Di Kabupaten Sumenep

No	Kecamatan	Total Emisi dari Penggunaan Bahan Bakar (ton CO ₂)	Total Emisi dari Persampahan (ton CO ₂)	Total Emisi Per Kecamatan (ton CO ₂)
1	Pragaan	29.038	3.991	33.029
2	Bluto	19.407	2.764	22.171
3	Saronggi	17.596	2.093	19.689
4	Kalianget	7.340	1.443	8.783
5	Kota Sumenep	8.647	869	9.516
6	Batuan	3.666	6.654	10.320
7	Lenteng	24.586	3.471	28.057
8	Ganding	15.726	2.183	17.909
9	Guluk Guluk	21.411	3.110	24.521
10	Pasongsongan	19.249	2.650	21.899
11	Ambunten	16.789	2.302	19.091
12	Rubaru	15.845	2.225	18.070
13	Dasuk	14.146	1.796	15.942
14	Manding	12.823	1.705	14.527

No	Kecamatan	Total Emisi dari Penggunaan Bahan Bakar (ton CO ₂)	Total Emisi dari Persampahan (ton CO ₂)	Total Emisi Per Kecamatan (ton CO ₂)
15	Batuputih	22.688	2.596	25.284
16	Gapura	18.061	2.245	20.306
17	Batang Batang	23.413	3.171	26.584
18	Dungkek	20.834	2.204	23.038
TOTAL		311.264	47.472	358.737

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan nilai emisi total dari penggunaan bahan bakar untuk memasak di Kabupaten Sumenep lebih besar dibandingkan dengan nilai emisi total pada sektor persampahan, hal ini dikarenakan FES penggunaan bahan bakar untuk memasak lebih besar dibandingkan FES dari sektor persampahan. Pada penelitian ini, daerah pedesaan menghasilkan emisi karbon yang lebih besar dari daerah perkotaan. Hal ini dikarenakan masyarakat di daerah pedesaan masih banyak yang menggunakan kayu bakar dan melakukan pembakaran sampah secara terbuka sebagai pengelolaan sampah rumah tangga.

4.1.3. Pemetaan Penyebaran Emisi Tapak Karbon

Setelah didapatkan besarnya emisi setiap kecamatan di Kabupaten Sumenep dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan persampahan, dilakukan pemetaan emisi tapak karbon. Dalam pemetaan tersebut dibuat 5 tingkatan emisi dengan rentang yang sudah ditentukan setiap sektor.

4.1.3.1. Pemetaan Emisi Karbon dari Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak

Hasil perhitungan emisi karbon dari penggunaan bahan bakar untuk memasak menunjukkan bahwa emisi terendah dihasilkan dari kecamatan Batuan sebesar 3.666 ton CO₂ sedangkan emisi tertinggi dihasilkan dari kecamatan Pragaan sebesar 29.038 ton CO₂. Dari nilai terendah dan tertinggi tersebut dibuat rentang sebagai berikut :

- a. <9.000, untuk emisi yang tergolong sangat rendah
- b. 9.000 – 14.000, untuk emisi yang tergolong rendah

- c. 14.000 – 19.000, untuk emisi yang tergolong sedang
- d. 19.000 – 24.000, untuk emisi yang tergolong tinggi
- e. >24.000, untuk emisi yang tergolong sangat tinggi

4.1.3.2. Pemetaan Emisi Karbon dari Persampahan

Hasil perhitungan emisi karbon dari penggunaan bahan bakar untuk memasak menunjukkan bahwa emisi terendah dihasilkan dari kecamatan Sumenep sebesar 869 ton CO₂ sedangkan emisi tertinggi dihasilkan dari kecamatan Batuan sebesar 6.654 ton CO₂. Dari nilai terendah dan tertinggi tersebut dibuat rentang sebagai berikut :

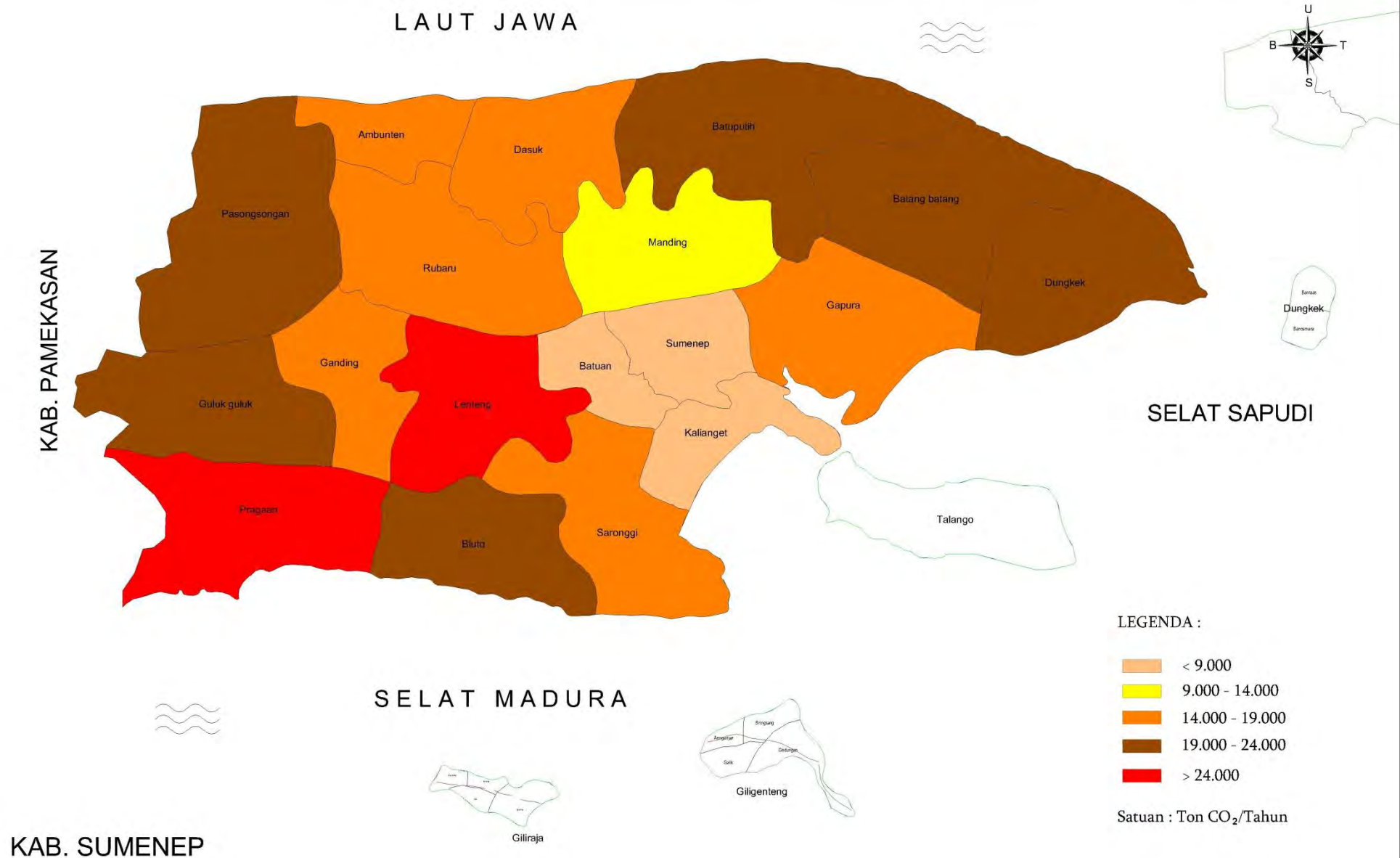
- a. <1800, untuk emisi yang tergolong sangat rendah
- b. 1.800 – 2.600, untuk emisi yang tergolong rendah
- c. 2.600 – 3.400, untuk emisi yang tergolong sedang
- d. 3.400 – 4.000, untuk emisi yang tergolong tinggi
- e. >4.000, untuk emisi yang tergolong sangat tinggi

4.1.3.3. Pemetaan Emisi Karbon Total

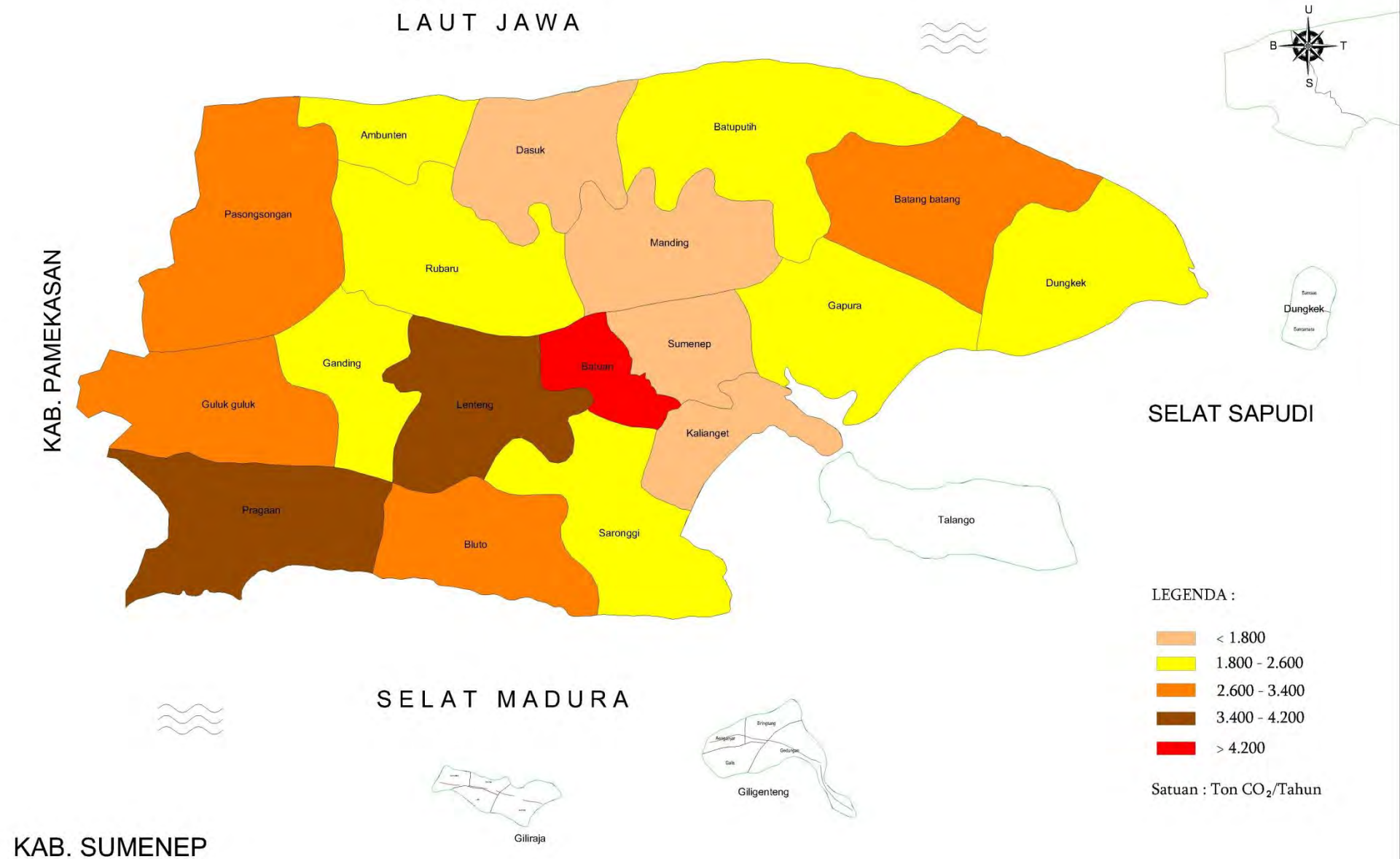
Berdasarkan hasil emisi total di setiap kecamatan di Kabupaten Sumenep, seperti pada Tabel 4.15, dapat dibuat peta penyebaran emisi tapak karbonnya. Langkah awal dalam membuat peta penyebaran emisi tapak karbon yaitu membuat rentang tingkatan emisi karbon di Kabupaten Sumenep.

Pembuatan rentang tingkatan emisi tapak karbon dengan menentukan nilai emisi tertinggi dan terendah lalu dibuat 5 rentang. Nilai emisi tertinggi terdapat di kecamatan Pragaan sebesar 33.029 ton CO₂ sedangkan untuk emisi terendah terdapat di kecamatan Kalianget sebesar 8.783 ton CO₂. Dari nilai terendah dan tertinggi tersebut dibuat rentang sebagai berikut :

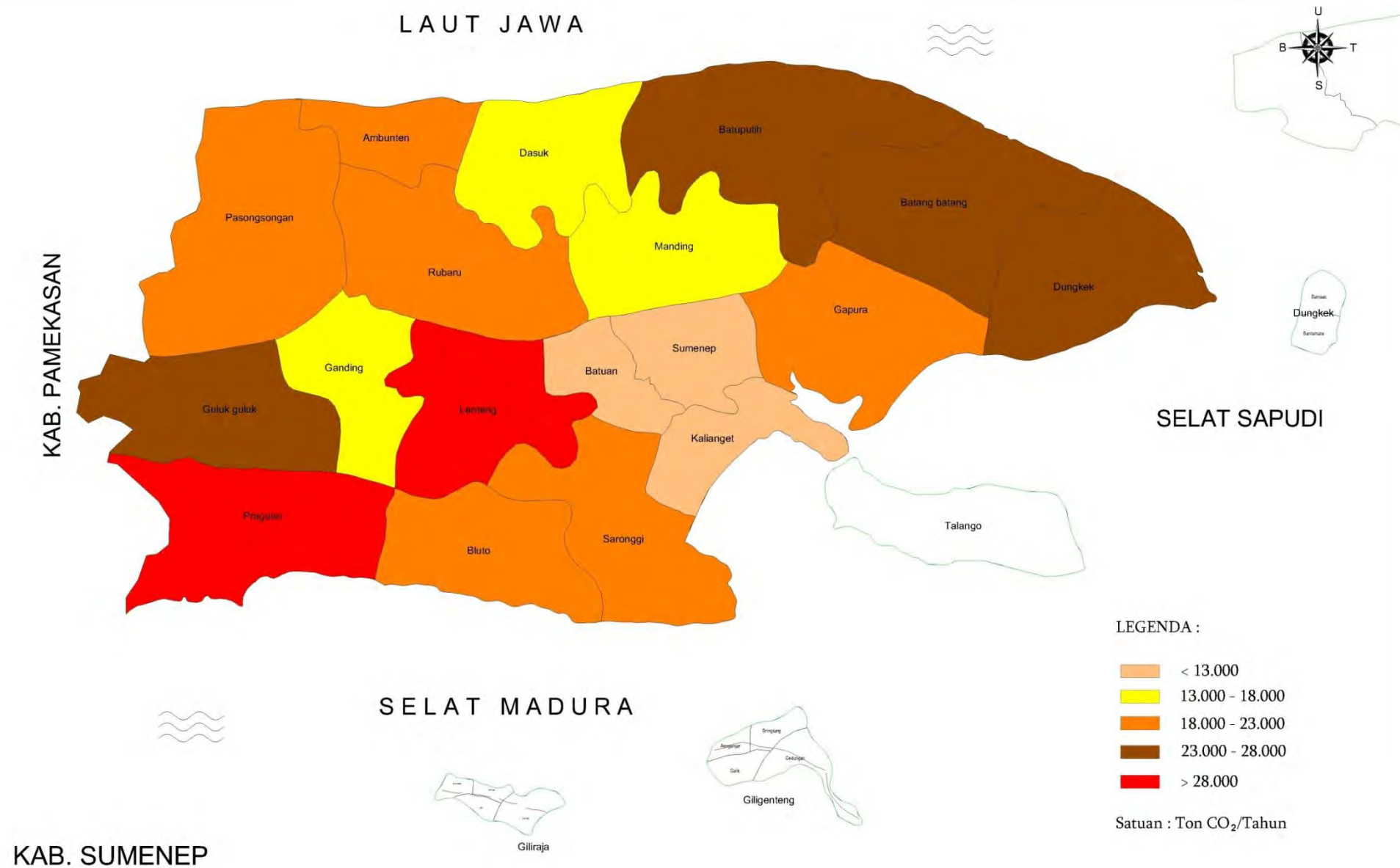
- a. <13.000, untuk emisi yang tergolong sangat rendah
- b. 13.000 – 18.000, untuk emisi yang tergolong rendah
- c. 18.000 – 23.000, untuk emisi yang tergolong sedang
- d. 23.000 – 28.000, untuk emisi yang tergolong tinggi
- e. >28.000, untuk emisi yang tergolong sangat tinggi



Gambar 4.1. Pemetaan Tapak Karbon di Kabupaten Sumenep dari Penggunaan Bahan Bakar Untuk Memasak



Gambar 4.2 Pemetaan Tapak Karbon di Kabupaten Sumenep dari Persampahan



Gambar 4.3. Pemetaan Tapak Karbon di Kabupaten Sumenep dari Penggunaan Bahan Bakar untuk Memasak dan Persampahan

Berdasarkan pemetaan tingkat konsentrasi emisi karbon dari penggunaan bahan bakar untuk memasak di Kabupaten Sumenep, terdapat 3 kecamatan yang menghasilkan emisi sangat rendah yaitu Kecamatan Kalianget, Sumenep, dan Batuan. Hanya 1 kecamatan yang menghasilkan emisi rendah yaitu Kecamatan Manding. Terdapat 6 kecamatan yang menghasilkan emisi sedang yaitu Kecamatan Saronggi, Ganding, Ambunten, Rubaru, Dasuk, dan Gapura. Kecamatan yang menghasilkan emisi tinggi ada 6 kecamatan yaitu Kecamatan Bluto, Guluk-Guluk, Pasongsongan, Batuputih, Batang-Batang, dan Dungkek. Terdapat 2 kecamatan yang menghasilkan emisi sangat tinggi yaitu kecamatan Pragaan dan Lenteng.

Apabila pada penggunaan bahan bakar untuk memasak terdapat 2 kecamatan yang menghasilkan emisi sangat tinggi, sedangkan pada sektor persampahan hanya 1 kecamatan yang menghasilkan emisi karbon tertinggi yaitu Kecamatan Batuan, hal ini dikarenakan Kecamatan Batuan merupakan kecamatan terletaknya TPA di Kabupaten Sumenep sehingga menghasilkan emisi yang paling tinggi diantara kecamatan lain. Terdapat 4 kecamatan yang menghasilkan emisi sangat rendah yaitu kecamatan Sumenep, Kalianget, Dasuk, dan Manding. Kecamatan yang menghasilkan emisi rendah terdapat 7 kecamatan yaitu kecamatan Saronggi, Ganding, Ambunten, Rubaru, Batuputih, Gapura, dan Dungkek. Terdapat 4 kecamatan yang menghasilkan emisi sedang yaitu Kecamatan Bluto, Guluk-Guluk, Pasongsongan, dan Batang-Batang. Kecamatan yang menghasilkan emisi tinggi ada 2 kecamatan yaitu kecamatan Pragaan dan Lenteng.

Dalam penggabungan pemetaan dari penggunaan bahan bakar untuk memasak dan sektor persampahan, ternyata emisi karbon yang lebih berpengaruh adalah emisi karbon dari penggunaan bahan bakar untuk memasak. Kecamatan yang menghasilkan emisi sangat rendah terdapat 3 kecamatan, yaitu Kecamatan Kalianget, Sumenep, dan Batuan. Terdapat 3 kecamatan yang emisinya tergolong rendah yaitu Kecamatan Ganding, Dasuk, dan Manding. Terdapat 6 kecamatan yang emisinya tergolong sedang, yaitu kecamatan Saronggi, Bluto, Pasongsongan, Ambunten, Rubaru, dan Gapura. Kecamatan yang menghasilkan emisi tinggi terdapat 4 kecamatan yaitu Kecamatan Guluk-Guluk, Batuputih, Batang-Batang,

dan Dungkek. Terdapat 2 kecamatan yang emisinya tergolong sangat tinggi yaitu kecamatan Lenteng dan Pragaan.

4.2. Aspek Peran Masyarakat

Dalam penelitian tersebut, masyarakat mempunyai peran penting dalam kontribusi pengurangan emisi di Kabupaten Sumenep. Peran masyarakat yang dimaksud adalah dalam hal penggunaan bahan bakar untuk memasak. Berdasarkan hasil perhitungan emisi tapak karbon, emisi yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak. Sehubungan dengan hal ini, perlu dilakukan konversi bahan bakar untuk memasak dari kayu bakar menjadi LPG dalam upaya menurunkan emisi karbon di Kabupaten Sumenep. Berdasarkan hasil survei menggunakan kuisioner, didapatkan bahwa sebesar 33% masyarakat mau melakukan konversi dari kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak. Masyarakat yang mau melakukan konversi bahan bakar untuk memasak karena asap yang dihasilkan oleh kayu bakar mengganggu. Sebesar 33% masyarakat di Kabupaten Sumenep mau melakukan konversi, sedangkan sebesar 67% masyarakat tidak mau melakukan konversi kayu bakar menjadi LPG. Hal ini disebabkan berbagai alasan, antara lain karena tidak memiliki uang untuk membeli tabung gas beserta kompornya, karena sudah menjadi budaya menggunakan kayu bakar, karena kayu bakar yang digunakan lebih murah dari penggunaan LPG bahkan untuk beberapa rumah tangga tidak perlu membeli kayu bakar.

Selain penggunaan bahan bakar untuk memasak, ternyata berdasarkan hasil perhitungan emisi karbon, emisi yang dihasilkan dari pembakaran sampah lebih besar dibandingkan dengan pembuangan sampah ke TPA. Hal ini menunjukkan bahwa peran masyarakat dibutuhkan dalam menurunkan emisi karbon dalam sektor persampahan. Berdasarkan hasil survei, masyarakat yang mau berpindah serta mau membayar retribusi untuk melakukan pengelolaan sampah yang tadinya pembakaran sampah secara terbuka menjadi pembuangan sampah ke TPA sebesar 39%. Alasan masyarakat yang mau berpindah sistem pengelolaan sampah dikarenakan tidak perlu repot dalam membakar sampah dan

asap yang dihasilkan dari pembakaran sampah sangat mengganggu. Masyarakat yang tidak mau melakukan perubahan sistem pengelolaan sampah sebesar 61%. Hal ini disebabkan karena masyarakat yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka memiliki lahan sendiri untuk membakar sampah sehingga tidak perlu membayar retribusi sampah.

Berdasarkan peran masyarakat yang dibutuhkan dalam menurunkan emisi karbon dalam penggunaan bahan bakar dan pengelolaan sampah tersebut dapat dihitung besarnya penurunan emisi karbon dari kondisi saat ini. Perhitungan tersebut didasarkan peran masyarakat berdasarkan hasil kuisisioner :

- a. Rumah tangga yang menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak, beralih 33% ke LPG. Prosentase rumah tangga yang mau beralih ke LPG didapatkan dari hasil kuisisioner.
- b. Penduduk yang masih melakukan pembakaran sampah secara terbuka beralih 39% dengan sistem pembuangan ke TPA. Prosentase penduduk yang mau beralih pembuangan sampah ke TPA didapatkan dari hasil kuisisioner.

Sebelum melakukan perhitungan terhadap skenario-skenario tersebut, dilakukan perhitungan emisi setiap kecamatan dengan kondisi eksisting penggunaan bahan bakar untuk memasak serta kondisi eksisting dari sektor persampahan di Kabupaten Sumenep. Perhitungan jumlah emisi setiap kecamatan menggunakan FES perkotaan dan pedesaan, untuk FES pedesaan dibagi menjadi 2 FES, yaitu FES LPG & kayu bakar serta FES kayu bakar. Untuk FES kayu bakar didapatkan dari nilai rata-rata emisi pada sampel kayu bakar yaitu sebesar 5,04 ton CO₂/rumah tangga.

Tabel 4.16 FES Perkotaan dan Pedesaan

FES Perkotaan (ton CO ₂ /rumah tangga)	FES Pedesaan (ton CO ₂ /rumah tangga)	
	LPG & Kayu Bakar	Kayu Bakar
0,4	1,61	5,04

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan emisi setiap kecamatan menggunakan jumlah rumah tangga yang sudah sesuai dengan wilayah perkotaan dan pedesaan. Pada dasarnya perhitungan menggunakan FES tersebut mempermudah dalam perhitungan emisi jika data yang tersedia hanya jumlah rumah tangga. Perhitungan tersebut merupakan

Tabel 4.17 Emisi Setiap Kecamatan dari Penggunaan Bahan Bakar

No	Kecamatan	Perkotaan	Pedesaan		Total Emisi (ton CO ₂)
		Emisi Pengguna LPG (ton CO ₂)	Emisi Pengguna LPG & Kayu Bakar (ton CO ₂)	Emisi Pengguna Kayu Bakar (ton CO ₂)	
1	Pragaan	439	27.204	4.482	32.125
2	Bluto	162	18.307	3.016	21.485
3	Saronggi	0	16.740	2.758	19.499
4	Kalianget	3.553	3.565	587	7.706
5	Kota Sumenep	6.885	1.604	264	8.754
6	Batuan	617	2.894	477	3.988
7	Lenteng	750	22.669	3.735	27.154
8	Ganding	192	14.776	2.435	17.403
9	Guluk Guluk	0	20.370	3.356	23.726
10	Pasongsongan	0	18.313	3.017	21.330
11	Ambunten	730	15.271	2.516	18.516
12	Rubaru	0	15.075	2.484	17.558
13	Dasuk	0	13.458	2.217	15.675
14	Manding	188	12.019	1.980	14.187
15	Batuputih	0	21.584	3.556	25.141
16	Gapura	233	16.959	2.794	19.986
17	Batang Batang	608	21.690	3.574	25.871
18	Dungkek	0	19.821	3.266	23.086
		Total			343.190

Sumber : Hasil Perhitungan

❖ Contoh perhitungan di kecamatan Pragaan

- Emisi dari rumah tangga di perkotaan

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= \sum \text{Rumah Tangga Perkotaan} \times \text{FES Perkotaan} \\
 &= 1.098 \text{ rumah tangga} \times 0,40 \text{ ton CO}_2/\text{rumah tangga} \\
 &= 439 \text{ ton CO}_2
 \end{aligned}$$

- Emisi dari penggunaan LPG & kayu bakar :

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \sum \text{Pengguna LPG \& kayu bakar} \times \text{FES LPG \& kayu bakar} \\ &= 16.897 \text{ rumah tangga} \times 1,61 \text{ ton CO}_2/\text{rumah tangga} \\ &= 27.204 \text{ ton CO}_2\end{aligned}$$

- Emisi dari penggunaan kayu bakar

$$\begin{aligned}\text{Emisi CO}_2 &= \sum \text{Pengguna kayu bakar} \times \text{FES kayu bakar} \\ &= 889 \text{ rumah tangga} \times 5,04 \text{ ton CO}_2/\text{rumah tangga} \\ &= 4.482 \text{ ton CO}_2\end{aligned}$$

Untuk emisi yang dihasilkan dari sektor persampahan seperti pada **Tabel 4.14**, didapatkan jumlah total emisi satu Kabupaten Sumenep sebesar 47.472 ton CO₂-eq. Sedangkan untuk emisi total yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar seperti pada **Tabel 4.17** sebesar 343.190. Dari hasil tersebut didapatkan emisi total di Kabupaten Sumenep dari sektor permukiman dan persampahan sebesar 390.610 ton CO₂. Untuk hasil perhitungan skenario-skenario yang sudah ditentukan, dapat dilihat pada **Tabel 4.18**.

Tabel 4.18 Emisi yang Dihasilkan dari Peran Masyarakat

Skenario	Emisi dari Sektor Permukiman (ton CO ₂)	Emisi dari Sektor Persampahan (ton CO ₂)	Total Emisi (ton CO ₂)
Eksisting	343.190	47.472	390.662
Peran Masyarakat	254.516	52.083	306.599

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan, ternyata peran masyarakat berpengaruh dalam menurunkan emisi karbon di Kabupaten Sumenep. Sebesar 21,5% emisi karbon dapat diturunkan atau sebanyak 84.063 ton CO₂ dapat direduksi dengan adanya peran masyarakat tersebut. Dalam sektor persampahan emisi yang dihasilkan dari peran masyarakat lebih besar dibandingkan dengan emisi pada kondisi eksisting disebabkan emisi yang dihasilkan jika pembuangan sampah ke TPA bertambah menjadi 39% dari peran masyarakat maka emisi karbon tersebut

akan naik. Hal ini dikarenakan FES pembuangan sampah ke TPA lebih besar dibandingkan FES pembakaran sampah, sehingga semakin banyak penduduk yang melakukan pembuangan sampah ke TPA, maka semakin besar emisi yang dihasilkan. Semakin besarnya emisi yang dihasilkan di TPA tersebut dikarenakan TPA di Kabupaten Sumenep masih merupakan TPA dengan sistem *open dumping* yang belum mempunyai sistem perpipaan gas metana di sel pembuangan. Apabila TPA di Kabupaten Sumenep sudah merupakan TPA dengan sistem *sanitary landfill*, maka gas metana yang dihasilkan dari penimbunan sampah di TPA tidak menjadi emisi sepenuhnya karena gas metana yang dihasilkan akan disalurkan bahkan dimanfaatkan. Oleh karena itu, untuk mengetahui berapa besar penurunan emisi yang dihasilkan jika TPA di Kabupaten Sumenep menjadi *sanitary landfill* akan dibahas pada aspek lingkungan.

4.3.Aspek Lingkungan

Berdasarkan pembahasan dari aspek peran masyarakat, untuk emisi karbon dari sektor persampahan masih lebih besar dibandingkan dengan emisi karbon keadaan saat ini. Hal ini dikarenakan TPA di Kabupaten Sumenep masih merupakan sistem *open dumping* sehingga gas metana yang dihasilkan dari penimbunan sampah di TPA menjadi emisi karbon. Sehingga perlu dilakukan upaya untuk menurunkan emisi tersebut, dengan cara mengganti sistem TPA yang tadinya *open dumping* menjadi *sanitary landfill*. Perlu dilakukan perubahan sistem menjadi *sanitary landfill* dikarenakan pada sistem tersebut, seluruh gas metana yang dihasilkan tersalurkan dalam pipa gas yang kemudian gas metana tersebut dapat dimanfaatkan. Apabila gas metana yang dihasilkan dari penimbunan sampah di TPA sudah dimanfaatkan, maka gas metana yang dihasilkan tersebut tidak menjadi emisi karbon.

Berdasarkan uraian di atas, diperlukan usaha untuk mengurangi emisi dari sektor persampahan, selain itu untuk memperbesar prosentase reduksi emisi karbon yang dihasilkan, diperlukan usaha untuk menaikkan jumlah pengguna LPG di pedesaan. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan beberapa skenario agar dapat diketahui penurunan emisi terbesar dari setiap skenario. Dalam penelitian ini dibuat 6 skenario dengan dasar adanya peran masyarakat yang mau beralih dari

kayu bakar menjadi LPG sebesar 33% dan masyarakat yang mau beralih dari pembakaran sampah menjadi pengangkutan sampah ke TPA sebesar 39%. Selain peran masyarakat, skenario tersebut didasarkan dari kemungkinan terbaik dalam penurunan emisi yang dihasilkan dari setiap skenario dengan mengubah 100% masyarakat yang menggunakan kayu bakar menjadi LPG. Berikut adalah 6 skenario dalam penurunan emisi :

a. Skenario 1

Pada skenario 1 akan dibuat skenario bahwa dari emisi yang dihasilkan dari peran masyarakat dapat direduksi lagi dengan cara mengganti sistem TPA di Kabupaten Sumenep yang tadinya *open dumping* menjadi *sanitary landfill*. Jadi, pada skenario 1 dibuat skenario untuk penggunaan bahan bakar untuk memasak sebesar 33% masyarakat yang menggunakan kayu bakar di Kabupaten Sumenep mau beralih menggunakan LPG dan untuk sektor persampahan sebesar 39% masyarakat yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka mau membayar retribusi untuk pengangkutan sampah ke TPA dengan sistem *sanitary landfill*.

b. Skenario 2

Pada skenario 2 akan dibuat skenario penurunan emisi karbon yaitu sebesar 33% masyarakat mau melakukan konversi kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak dan perubahan sistem *open dumping* menjadi *sanitary landfill* untuk TPA di Kabupaten Sumenep.

c. Skenario 3

Pada skenario 3 akan dibuat skenario penurunan emisi karbon yaitu sebesar 100% masyarakat pedesaan yang menggunakan kayu bakar dan LPG secara bersamaan dalam satu rumah tangga melakukan penghilangan kayu bakar sehingga dalam satu rumah tangga hanya menggunakan LPG sebagai bahan bakar untuk memasak. Sedangkan untuk sektor persampahan, dilakukan perubahan sistem *open dumping* menjadi *sanitary landfill* untuk TPA di Kabupaten Sumenep.

d. Skenario 4

Pada skenario 4 akan dibuat skenario penurunan emisi karbon yaitu sebesar 100% masyarakat di pedesaan melakukan konversi kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak. Sedangkan untuk sektor persampahan,

dilakukan perubahan sistem *open dumping* menjadi *sanitary landfill* untuk TPA di Kabupaten Sumenep.

e. Skenario 5

Pada skenario 5 akan dibuat skenario penurunan emisi karbon yaitu sebesar 100% masyarakat di pedesaan melakukan konversi kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak. Sedangkan untuk sektor persampahan sebesar 39% masyarakat yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka mau membayar retribusi untuk pengangkutan sampah ke TPA dengan sistem *sanitary landfill*.

f. Skenario 6

Pada skenario 5 akan dibuat skenario penurunan emisi karbon yaitu sebesar 100% masyarakat pedesaan yang menggunakan kayu bakar dan LPG secara bersamaan dalam satu rumah tangga melakukan penghilangan kayu bakar sehingga dalam satu rumah tangga hanya menggunakan LPG sebagai bahan bakar untuk memasak. Sedangkan untuk sektor persampahan, sebesar 39% masyarakat yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka mau membayar retribusi untuk pengangkutan sampah ke TPA dengan sistem *sanitary landfill*.

Berdasarkan skenario-skenario tersebut, dilakukan perhitungan emisi karbon dari setiap skenario. Untuk hasil perhitungan skenario-skenario tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Emisi yang Dihasilkan dari Setiap Skenario

Skenario	Emisi dari Sektor Permukiman (ton CO ₂)	Emisi dari Sektor Persampahan (ton CO ₂)	Total Emisi (ton CO ₂)	Prosentase Penurunan
Eksisting	343.190	47.472	390.662	-
Skenario 1	254.516	26.171	280.687	28,15%
Skenario 2	254.516	41.189	295.705	24,31%
Skenario 3	95.062	41.189	136.250	65,12%
Skenario 4	78.719	41.189	119.908	69,31%
Skenario 5	78.719	26.171	104.890	73,15%
Skenario 6	95.062	26.171	121.233	68,97%

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan emisi dari setiap skenario, ternyata skenario yang menghasilkan penurunan emisi karbon paling besar adalah skenario 5 yaitu sebesar 73,15% emisi dapat direduksi dari kondisi saat ini. Hal ini dikarenakan sebesar 100% masyarakat di pedesaan melakukan konversi kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak. Selain itu, jumlah pengangkutan sampah meningkat yaitu sebesar 39% masyarakat yang melakukan pembakaran sampah secara terbuka mau membayar retribusi pelayanan pengangkutan sampah ke TPA, dan TPA yang beroperasi dengan sistem *sanitary landfill*. Hal tersebut yang menyebabkan emisi karbon yang dihasilkan menjadi lebih kecil dari skenario lainnya.

Skenario 5 tersebut dapat diterapkan di Kabupaten Sumenep apabila didukung dengan adanya peraturan yang berlaku serta peran pemerintah. Peraturan yang dimaksud adalah masyarakat yang masih menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak beralih menggunakan LPG dengan bantuan pemerintah Kabupaten Sumenep agar menyediakan tabung gas, kompor gas, beserta peralatan lainnya secara gratis.

4.4.Aspek Hukum

Kabupaten Sumenep saat ini sudah mempunyai peraturan daerah yang mengatur pengelolaan sampah yaitu Peraturan Daerah Kabupaten Sumenep No. 12 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Sampah. Pada peraturan tersebut sudah jelas dicantumkan pada pasal 16 bahwa setiap penduduk atau pemilik/penghuni bangunan dilarang membakar sampah di jalan, jalur hijau, taman dan tempat umum di sekitar pekarangan, sehingga mengganggu ketertiban umum. Sehingga berdasarkan peraturan tersebut, masyarakat bersedia mengganti sistem pengelolaan sampah yang awalnya melakukan pembakaran sampah secara terbuka menjadi pengelolaan dengan pembuangan sampah ke TPA yang berkontribusi dalam penurunan emisi karbon. Selain itu, untuk mengikat masyarakat, pada peraturan tersebut perlu dicantumkan sanksi berupa denda agar masyarakat tidak melakukan pembakaran sampah secara terbuka.

Saat ini pemerintah Kabupaten Sumenep belum memiliki peraturan daerah terkait penggantian penggunaan minyak tanah menjadi LPG sebagai bahan bakar

untuk memasak. Peraturan yang digunakan sebagai rujukan pemerintah Kabupaten Sumenep adalah Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 104 Tahun 2007 tentang Penyediaan, Pendistribusian, dan Penetapan Harga *Liquid Petroleum Gas* Tabung 3 Kilogram. Peraturan daerah yang akan disarankan pada pemerintah Kabupaten Sumenep merujuk pada Perpres tersebut pada pasal 1 ayat 3 yang berisi bahwa rumah tangga adalah konsumen yang mempunyai legalitas penduduk, menggunakan minyak untuk memasak dalam lingkup rumah tangga dan tidak mempunyai kompor gas untuk dialihkan menggunakan LPG Tabung 3 kg termasuk tabung, kompor gas beserta peralatan lainnya. Berdasarkan data yang diperoleh, di Kabupaten Sumenep sudah tidak ada rumah tangga yang menggunakan minyak tanah.

Peraturan yang diharapkan dalam penggantian atau konversi kayu bakar menjadi LPG sebagai bahan bakar untuk memasak adalah sebagai berikut :

- Pemerintah daerah memiliki Perda yang menyatakan bahwa penggunaan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak dikonversi menjadi LPG, dengan syarat pemerintah Kabupaten Sumenep memberikan LPG tabung 3 kg beserta kompor gasnya. Perda yang sudah dibuat tersebut harus tegas dan dapat diimplementasikan di Kabupaten Sumenep
- Bagi rumah tangga yang masih menggunakan LPG dan kayu bakar secara bersamaan perlu diberikan sosialisasi bahwa emisi karbon yang dihasilkan dari penggunaan kayu bakar lebih besar dibandingkan penggunaan LPG sebagai bahan bakar untuk memasak. berdasarkan hal tersebut, pemerintah mewajibkan bahwa setiap rumah tangga yang menggunakan kayu bakar sebagai bahan bakar untuk memasak akan diberikan sanksi berupa denda.
- Diperlukan sosialisasi terlebih dahulu sebelum kayu bakar ke LPG.
- Dilakukan evaluasi peraturan setiap 5 tahun

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang sudah dilakukan dalam penelitian tersebut, dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. FES penggunaan bahan bakar untuk memasak ada 2, yaitu FES perkotaan sebesar 0,40 ton CO₂/rumah tangga.tahun sedangkan untuk FES pedesaan sebesar 1,61 ton CO₂/rumah tangga.tahun. FES dari sektor persampahan ada 2, yaitu FES untuk pembakaran sampah terbuka sebesar 0,061 ton CO₂/orang.tahun sedangkan FES untuk pembuangan sampah ke TPA sebesar 0,079 ton CO₂/orang.tahun.
2. Penyumbang emisi karbon terbesar dan berpengaruh dalam besarnya emisi karbon setiap kecamatan berasal dari sektor permukiman yaitu dalam penggunaan bahan bakar untuk memasak. Emisi karbon dari penggunaan bahan bakar untuk memasak jauh lebih besar dibandingkan emisi yang dihasilkan dari sektor persampahan
3. Dalam pemetaan penyebaran tapak karbon di Kabupaten Sumenep, dapat diketahui bahwa ada 3 kecamatan yang emisinya tergolong sangat rendah, 3 kecamatan tergolong rendah, 6 kecamatan tergolong sedang, 4 kecamatan tergolong tinggi, dan 2 kecamatan tergolong sangat tinggi. Terdapat 2 kecamatan yang tergolong sangat tinggi emisinya dikarenakan jumlah rumah tangga pedesaan paling banyak diantara kecamatan lainnya. Kecamatan Kalianget merupakan kecamatan yang menghasilkan emisi sangat rendah dikarenakan mempunyai jumlah rumah tangga perkotaan lebih banyak dari rumah tangga pedesaan, selain itu sudah ada pelayanan pengangkutan sampah ke TPA.

5.2. Saran

Ada beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Pada sektor persampahan, FES dihitung untuk satuan per rumah tangga dengan menggunakan jumlah timbulan sampah setiap rumah tangga
2. Pada penggunaan bahan bakar untuk memasak, FES dihitung berdasarkan jenis rumah yaitu rumah mewah, sederhana, dan kumuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardedah, Nurfakhrina R. 2013. *Perencanaan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah di Kabupaten Sumenep*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumenep. 2014. Sumenep. : BPS Kabupaten Sumenep.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sumenep. 2013. Kabupaten Sumenep Dalam Angka. Sumenep : BPS Kabupaten Sumenep.
- DEFRA. 2006. *The Environment in Your Pocket*. London : Department for Environment, Food and Rural Affairs.
<http://www.defra.gov.uk/environment/statistics/eiyp/index.htm>.
- Dinas Pertamanan dan Kebersihan Kabupaten Sumenep. 2013.
- Haven, J. 2007. Environment Business 129: 27.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Hayama, Japan.
- Kementrian Lingkungan Hidup.2012a. Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional : Buku I Pedoman Umum, Jakarta, Indonesia.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2012. Peta Infrastruktur Kabupaten Sumenep.

Kenny, T., dan Gray, N.F. 2009. *Comparative Performance of Six Carbon Footprint Models for Use in Ireland*. Environmental Impact Assesment Review, 29: 1-6.

Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta. 2013. Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Daerah Istimewa Yogyakarta Tahun 2013.

Smith, K.R. dkk. 1993. Greenhouse gases from biomass and fossil fuel stoves in developing countries: a Manila pilot study. *Chemosphere* 26, 479}505.

Surat Keputusan Bersama Menteri Dalam Negeri, Menteri Pekerjaan Umum, Dan Meneteri Negara Perumahan Rakyat Nomor 648-384 Tahun 1992 tentang Pedoman Pembangunan Perumahan dan Permukiman Dengan Lingkungan Hunian yang Berimbang.

Undang-Undang Nomor 01 Tahun 2011 tentang Perumahan dan Kawasan Permukiman.

Wiedmann, T. and Minx, J. 2008. *A Definition of 'Carbon Footprint*. USA : Nova Science Publishers. Ecological Economics Research Trends: Chapter 1, pp. 1-11.

www.bps.go.id

Zhang, J., dkk. 2000. *Greenhouse gases and other airborne pollutants from household stoves in China: a database for emission factors*. *Atmospheric Environment* 34 (2000) 4537-4549.

LAMPIRAN

Tabel L.1. Jumlah Pemakaian LPG di Perkotaan Berdasarkan Hasil Sampling

No	Konsumsi LPG (kg)	Periode Pembelian (hari)	Konsumsi per hari (kg)	Konsumsi per tahun (kg)	Emisi (kg CO ₂)	Emisi (ton CO ₂)
1	12	30	0,40	146,00	435,76	0,44
2	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
3	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
4	6	20	0,30	109,50	326,82	0,33
5	24	90	0,27	97,33	290,50	0,29
6	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
7	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
8	12	45	0,27	97,33	290,50	0,29
9	3	5	0,60	219,00	653,63	0,65
10	3	4	0,75	273,75	817,04	0,82
Total						4,04

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel L.2. Jumlah Pemakaian LPG di Pedesaan Berdasarkan Hasil Sampling

NO	Konsumsi LPG (kg)	Periode Pembelian (hari)	Konsumsi per hari (kg)	Konsumsi per tahun (kg)	Emisi (kg CO ₂)	Emisi (ton CO ₂)
1	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
2	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
3	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
4	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
5	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
6	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
7	12	45	0,27	97,33	290,50	0,29

NO	Konsumsi LPG (kg)	Periode Pembelian (hari)	Konsumsi per hari (kg)	Konsumsi per tahun (kg)	Emisi (kg CO ₂)	Emisi (ton CO ₂)
8	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
9	3	4	0,75	273,75	817,04	0,82
10	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
11	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
12	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
13	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
14	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
15	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
16	3	30	0,10	36,50	108,94	0,11
17	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
18	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
19	3	4	0,75	273,75	817,04	0,82
20	6	30	0,20	73,00	217,88	0,22
21	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
22	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
23	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
24	6	30	0,20	73,00	217,88	0,22
25	6	30	0,20	73,00	217,88	0,22
26	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
27	3	5	0,60	219,00	653,63	0,65
28	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
29	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
30	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
31	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
32	3	5	0,60	219,00	653,63	0,65
33	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
34	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
35	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22

NO	Konsumsi LPG (kg)	Periode Pembelian (hari)	Konsumsi per hari (kg)	Konsumsi per tahun (kg)	Emisi (kg CO ₂)	Emisi (ton CO ₂)
36	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
37	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
38	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
39	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
40	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
41	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
42	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
43	18	180	0,10	36,50	108,94	0,11
44	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
45	3	5	0,60	219,00	653,63	0,65
46	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
47	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
48	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
49	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
50	3	30	0,10	36,50	108,94	0,11
51	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
52	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
53	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
54	3	7	0,43	156,43	466,88	0,47
55	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
56	3	15	0,20	73,00	217,88	0,22
57	3	10	0,30	109,50	326,82	0,33
58	3	5	0,60	219,00	653,63	0,65
Total						21,11

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel L.3. Jumlah Pemakaian Kayu Bakar di Pedesaan

Berdasarkan Hasil Sampling

No	Konsumsi (m3)	Berat Jenis	Konsumsi (kg)	Periode Pembelian (hari)	Konsumsi per hari (kg)	Konsumsi per tahun (kg)	Emisi(kg CO ₂)	Emisi (ton CO ₂)
1	0,242	450	108,9	20	5,45	1987,43	3338,87	3,34
2	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
3	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
4	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
5	0,242	450	108,9	40	2,72	993,71	1669,44	1,67
6	0,97	450	436,5	30	14,55	5310,75	8922,06	8,92
7	0,157	450	70,65	3	23,55	8595,75	14440,86	14,44
8	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
9	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
10	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
11	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
12	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
13	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
14	0,157	450	70,65	3	23,55	8595,75	14440,86	14,44
15	0,242	450	108,9	40	2,72	993,71	1669,44	1,67
16	0,157	450	70,65	7	10,09	3683,89	6188,94	6,19
17	0,157	450	70,65	7	10,09	3683,89	6188,94	6,19
18	0,157	450	70,65	2	35,33	12893,63	21661,29	21,66
19	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
20	0,157	450	70,65	15	4,71	1719,15	2888,17	2,89
21	0,242	450	108,9	30	3,63	1324,95	2225,92	2,23
Total								105,89

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel L.4. Skenario Konversi Kayu Bakar ke LPG 100%

No	Kecamatan	Perkotaan		Pedesaan				Total
		Jumlah rumah tangga pengguna LPG	Emisi pengguna perkotaan LPG	Jumlah rumah tangga pengguna LPG& kayu bakar	Emisi setelah beralih ke LPG	Jumlah rumah tangga pengguna kayu bakar	Emisi setelah beralih ke LPG	Emisi (ton CO ₂)
1	Pragaan	1098	439	16897	6083	889	320	6842
2	Bluto	406	138	11371	4093	598	215	4447
3	Saronggi	0	0	10398	3743	547	197	3940
4	Kalianget	8883	3020	2214	797	117	42	3859
5	Kota Sumenep	17213	5852	997	359	52	19	6230
6	Batuan	1543	525	1797	647	95	34	1206
7	Lenteng	1875	638	14080	5069	741	267	5973
8	Ganding	479	163	9178	3304	483	174	3641
9	Guluk Guluk	0	0	12652	4555	666	240	4794
10	Pasongsongan	0	0	11374	4095	599	216	4310
11	Ambunten	1825	621	9485	3415	499	180	4215
12	Rubaru	0	0	9363	3371	493	177	3548
13	Dasuk	0	0	8359	3009	440	158	3168
14	Manding	469	159	7465	2687	393	141	2988
15	Batuputih	0	0	13406	4826	706	254	5080
16	Gapura	582	198	10534	3792	554	200	4190
17	Batang Batang	1520	517	13472	4850	709	255	5622
18	Dungkek	0	0	12311	4432	648	233	4665
Total Emisi								78719

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel L.5. Skenario 33% Pengguna Kayu Bakar Beralih ke LPG

No	Kecamatan	Perkotaan	Pedesaan				Total
		Emisi pengguna LPG perkotaan	Emisi 33% pengguna LPG&kayu bakar beralih ke LPG	Emisi 67% pengguna LPG&kayu bakar	Emisi 33% pengguna kayu bakar beralih ke LPG	Emisi 67% pengguna kayu bakar	Emisi (ton CO ₂)
1	Pragaan	439	2007	18226	106	3003	23782
2	Bluto	138	1351	12265	71	2021	15846
3	Saronggi	0	1235	11216	65	1848	14364
4	Kalianget	3020	263	2389	14	394	6079
5	Kota Sumenep	5852	118	1075	6	177	7229
6	Batuan	525	214	1939	11	319	3008
7	Lenteng	638	1673	15188	88	2502	20089
8	Ganding	163	1090	9900	57	1631	12842
9	Guluk Guluk	0	1503	13648	79	2249	17479
10	Pasongsongan	0	1351	12270	71	2022	15713
11	Ambunten	621	1127	10231	59	1686	13724
12	Rubaru	0	1112	10100	59	1664	12935
13	Dasuk	0	993	9017	52	1486	11548
14	Manding	159	887	8053	47	1327	10472
15	Batuputih	0	1593	14461	84	2383	18521
16	Gapura	198	1251	11363	66	1872	14750
17	Batang Batang	517	1600	14532	84	2394	19128
18	Dungkek	0	1463	13280	77	2188	17007
Total Emisi							254516

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel L.6. Skenario 100% Pengguna LPG & Kayu Bakar

Pedesaan Beralih ke LPG

Kecamatan	LPG	Emisi (ton CO ₂)	LPG dan Kayu Bakar	Emisi (ton CO ₂)	Kayu Bakar	Emisi (ton CO ₂)	Total Emisi (ton CO ₂)
Pragaan	13089	5236	5423	1952	187	942	8130
Bluto	8567	3427	3549	1278	122	617	5321
Saronggi	7617	3047	3155	1136	109	548	4731
Kalianget	7783	3113	3225	1161	111	560	4835
Kota	12554	5022	5201	1872	179	904	7798
Sumenep							
Batuan	2380	952	986	355	34	171	1478
Lenteng	11569	4628	4793	1725	165	833	7186
Ganding	7034	2813	2914	1049	100	506	4369
Guluk Guluk	9231	3692	3824	1377	132	665	5734
Pasongsongan	8337	3335	3454	1243	119	600	5178
Ambunten	8212	3285	3402	1225	117	591	5101
Rubaru	6868	2747	2845	1024	98	495	4266
Dasuk	6127	2451	2538	914	88	441	3806
Manding	5791	2316	2399	864	83	417	3597
Batuputih	9836	3935	4075	1467	141	708	6110
Gapura	8112	3245	3361	1210	116	584	5038
Batang	10887	4355	4510	1624	156	784	6762
Batang							
Dungkek	9050	3620	3749	1350	129	652	5621

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel L.7. Skenario 39% Penduduk yang Melakukan Open Burning

Beralih ke Pembuangan sampah ke TPA

Kecamatan	Jumlah Penduduk	Emisi Ke TPA (ton CO ₂)	Emisi Open Burning (ton CO ₂)	Total Emisi Setiap Kecamatan (ton CO ₂)
Pragaan	65913		2435	2435
Bluto	45652		1686	1686
Saronggi	34563		1277	1277
Kalianget	39721		1443	1443
Sumenep	71739		869	869
Batuan	12241	25912	371	26282
Lenteng	57321		2117	2117
Ganding	36060		1332	1332
Guluk-Guluk	51364		1897	1897
Pasongsongan	43771		1617	1617
Ambunten	38024		1404	1404
Rubaru	36743		1357	1357
Dasuk	29657		1095	1095
Manding	28151		1040	1040
Batuputih	42880		1584	1584
Gapura	37075		1369	1369
Batang- Batang	52362		1934	1934
Dungkek	36407		1345	1345
TOTAL				52083

Sumber : Hasil Perhitungan

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Jakarta pada tanggal 20 Maret 1991. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SDN 02 pagi Cibubur, setelah lulus dari sekolah dasar, penulis menempuh sekolah menengah pertama di SMPN 91 Jakarta selama 3 tahun. Pada tahun 2006, penulis melanjutkan sekolah menengah atas di SMAN 39 Jakarta.

Setelah lulus SMA, tahun 2009 penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Selama menempuh program sarjana (2009-2013), penulis juga aktif dalam kegiatan kemahasiswaan ataupun kepanitiaan baik di tingkat jurusan maupun di tingkat institut. Tahun 2011 penulis menjabat sebagai ketua bidang seni departemen seni dan olahraga Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS. Pada tahun 2013, penulis melanjutkan pendidikan program Magister Jurusan Teknik Lingkungan ITS.